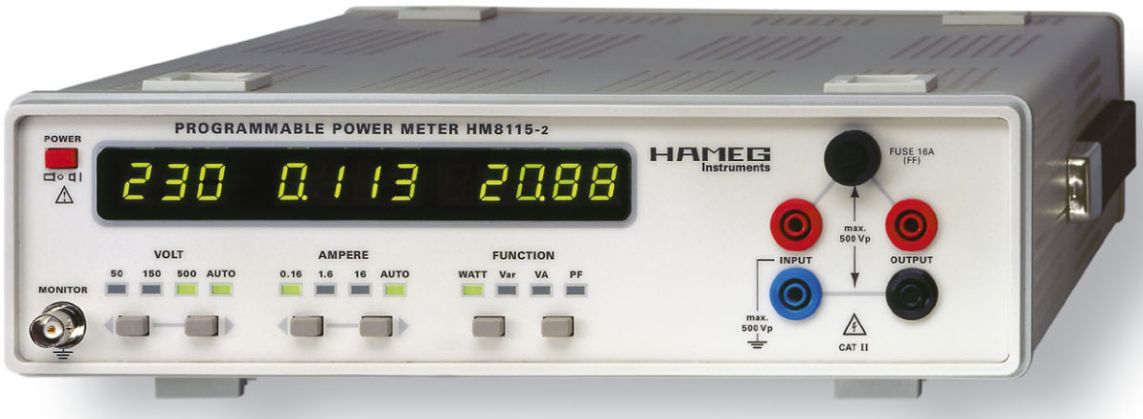
HAMEG Instruments

Power-Meter HM8115-2

Handbuch / Manual

Deutsch / English



CE

Hersteller HAMEG GmbH
Manufacturer Industriestraße 6
Fabricant D-63533 Mainhausen

KONFORMITÄTSERKLÄRUNG
DECLARATION OF CONFORMITY
DECLARATION DE CONFORMITE

HAMEG Instruments

Die HAMEG GmbH bescheinigt die Konformität für das Produkt
The HAMEG GmbH herewith declares conformity of the product
HAMEG GmbH déclare la conformite du produit

Bezeichnung / Product name / Designation:
Leistungsmessgerät/
Power-Meter/
Powe-Meter

Typ / Type / Type: HM8115-2

mit / with / avec: -

Optionen / Options / Options:

mit den folgenden Bestimmungen /
with applicable regulations /
avec les directives suivantes

EMV Richtlinie 89/336/EWG ergänzt durch 91/263/EWG, 92/31/EWG
EMC Directive 89/336/EEC amended by 91/263/EWG, 92/31/EEC
Directive EMC 89/336/CEE amendée par 91/263/EWG, 92/31/CEE

Niederspannungsrichtlinie 73/23/EWG ergänzt durch 93/68/EWG
Low-Voltage Equipment Directive 73/23/EEC amended by 93/68/EEC
Directive des equipements basse tension 73/23/CEE amendée par 93/68/CEE

Angewendete harmonisierte Normen /
Harmonized standards applied /
Normes harmonisées utilisées

Sicherheit / Safety / Sécurité

EN 61010-1: 1993 / IEC (CEI) 1010-1: 1990 A 1: 1992 / VDE 0411: 1994
Überspannungskategorie / Overvoltage category / Catégorie de surtension: II
Verschmutzungsgrad / Degree of pollution / Degré de pollution: 2

Elektromagnetische Verträglichkeit / Electromagnetic compatibility /
Compatibilité électromagnétique

EN 61326-1/A1
Störaussendung / Radiation / Emission: Tabelle / table / tableau 4, Klasse /
Class / Classe B.
Störfestigkeit / Immunity / Imunitee: Tabelle / table / tableau A1.

EN 61000-3-2/A14
Oberschwingungsströme / Harmonic current emissions / Émissions de
courant harmonique: Klasse / Class / Classe D.

EN 61000-3-3
Spannungsschwankungen u. Flicker / Voltage fluctuations and flicker /
Fluctuations de tension et du flicker.

Datum/Date/Date
15.01.2001

Unterschrift / Signature /Signatur

G. Hübenett
Technical Manager
Directeur Technique

Allgemeine Hinweise zur CE-Kennzeichnung

HAMEG Messgeräte erfüllen die Bestimmungen der EMV Richtlinie. Bei der Konformitätsprüfung werden von HAMEG die gültigen Fachgrund- bzw. Produktnormen zu Grunde gelegt. In Fällen wo unterschiedliche Grenzwerte möglich sind, werden von HAMEG die härteren Prüfbedingungen angewendet. Für die Störaussendung werden die Grenzwerte für den Geschäfts- und Gewerbebereich sowie für Kleinbetriebe angewandt (Klasse 1B). Bezüglich der Störfestigkeit finden die für den Industriebereich geltenden Grenzwerte Anwendung.
Die am Messgerät notwendigerweise angeschlossenen Mess- und Datenleitungen beeinflussen die Einhaltung der vorgegebenen Grenzwerte in erheblicher Weise. Die verwendeten Leitungen sind jedoch je nach Anwendungsbereich unterschiedlich. Im praktischen Messbetrieb sind daher in Bezug auf Störaussendung bzw. Störfestigkeit folgende Hinweise und Randbedingungen unbedingt zu beachten:

1. Datenleitungen
Die Verbindung von Messgeräten bzw. ihren Schnittstellen mit externen Geräten (Druckern, Rechnern, etc.) darf nur mit ausreichend abgeschirmten Leitungen erfolgen. Sofern die Bedienungsanleitung nicht eine geringere maximale Leitungslänge vorschreibt, dürfen Datenleitungen (Eingang/Ausgang, Signal/Steuerung) eine Länge von 3 Metern nicht erreichen und sich nicht außerhalb von Gebäuden befinden. Ist an einem Geräteinterface der Anschluss mehrerer Schnittstellenkabel möglich, so darf jeweils nur eines angeschlossen sein.
Bei Datenleitungen ist generell auf doppelt abgeschirmtes Verbindungskabel zu achten. Als IEEE-Bus Kabel sind die von HAMEG beziehbaren doppelt geschirmten Kabel HZ72S bzw. HZ72L geeignet.

2. Signalleitungen
Messleitungen zur Signalübertragung zwischen Messstelle und Messgerät sollten generell so kurz wie möglich gehalten werden. Falls keine geringere Länge vorgeschrieben ist, dürfen Signalleitungen (Eingang/Ausgang, Signal/Steuerung) eine Länge von 3 Metern nicht erreichen und sich nicht außerhalb von Gebäuden befinden.
Alle Signalleitungen sind grundsätzlich als abgeschirmte Leitungen (Koaxialkabel - RG58/U) zu verwenden. Für eine korrekte Masseverbindung muss Sorge getragen werden. Bei Signalgeneratoren müssen doppelt abgeschirmte Koaxialkabel (RG223/U, RG214/U) verwendet werden.

3. Auswirkungen auf die Messgeräte
Beim Vorliegen starker hochfrequenter elektrischer oder magnetischer Felder kann es trotz sorgfältigen Messaufbaues über die angeschlossenen Messkabel zu Einspeisung unerwünschter Signalteile in das Messgerät kommen. Dies führt bei HAMEG Messgeräten nicht zu einer Zerstörung oder Außerbetriebsetzung des Messgerätes.
Geringfügige Abweichungen des Messwertes über die vorgegebenen Spezifikationen hinaus können durch die äußeren Umstände in Einzelfällen jedoch auftreten.

HAMEG GmbH

Konformitätserklärung 2

8 kW Leistungsmessgerät HM 8115-2 4

Technische Daten 5

Wichtige Hinweise 6
Symbole 6
Auspacken 6
Aufstellen des Gerätes 6
Transport 6
Lagerung 6
Sicherheitshinweise 6
Bestimmungsgemäßer Betrieb 7
Garantie und Reparataur 7
Wartung 7
Netzspannungsumschaltung 7

Bezeichnung der Bedienelemente 8

Messgrundlagen 9
Arithmetischer Mittelwert 9
Gleichrichtwert 9
Effektivwert 9
Crestfaktor 9
Formfaktor 9
Leistung 10
Leistungsfaktor 11

Gerätekonzept des HM8115-2 12

Einführung in die Bedienung des HM8115-2 12

Bedienelemente und Anzeigen 12

Befehlsliste der Gerätesoftware 18

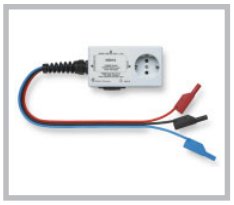
Serielle Schnittstelle 19

Stichwortverzeichnis 20

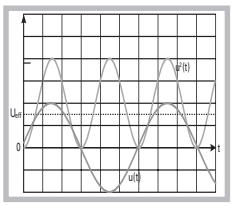
English 22

8 kW Leistungs-Messgerät
HM8115-2

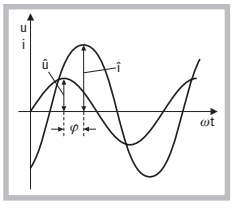
Adapter HZ815



Effektivwert



Wirkleistung



- Leistungsmessung bis 8 kW
- Simultane Anzeige von Spannung, Strom und Leistung
- Messung von Wirk-, Blind- und Scheinleistung
- Anzeige des Leistungsfaktors
- Automatische Messbereichswahl und einfachste Bedienung
- Für Messungen an Frequenzwandlern geeignet
- Frequenzbereich DC bis 1 kHz
- Messdatenerfassung und Bedienung über RS-232 Schnittstelle

8000 Watt | 500 Volt | 16 Ampere | ≈/= AC / DC | RS-232 | inklusive

8 kW Leistungsmessgerät HM8115-2
TECHNISCHE DATEN

Referenztemperatur: 23 °C ±2 °C

SPANNUNG – ECHTEFFEKTIVWERT (AC+DC)

Messbereiche:	50 V	150 V	500 V
Auflösung:	0,1 V	1 V	1 V
Genauigkeit:	±(0,4% + 5 Digits) bei 20 Hz – 1 kHz ±(0,6% + 5 Digits) bei DC		
Eingangsimpedanz:	1 MOhm II 100 pF		
Crestfaktor:	max. 3,5 am Messbereichende		
Eingangsschutz:	500 V_p		

STROM – ECHTEFFEKTIVWERT (AC+DC)

Messbereiche:	160 mA	1,6 A	16 A
Auflösung:	1 mA,	1mA	10 mA
Genauigkeit:	±(0,4% + 5 Digits) bei 20 Hz -1 kHz ±(0,6% + 5 Digits) bei DC		
Crestfaktor:	max. 4 am Messbereichende		
Eingangsschutz Input:	Sicherung 16 A Superflink (FF), 6,3 x 32 mm		

WIRKLEISTUNG

Messbereiche:	8 W	24 W	80 W	240 W
Auflösung:	1 mW	10 mW	10 mW	100 mW
Messbereiche:	800 W	2400 W	8000 W	
Auflösung:	100 mW	1 W	1 W	
Genauigkeit:	±(0,5% + 10 Digits) bei 20 Hz - 1 kHz ±(0,5% + 10 Digits) bei DC			
Anzeige:	4stellig, 7-Segment LED			

BLINDLEISTUNG

Messbereiche:	8 var	24 var	80 var
Auflösung:	1 mvar	10 mvar	10 mvar
Messbereiche:	240/800 var		2400/ 8000 var
Auflösung:	100 mvar		1 var
Genauigkeit:	±(2,5 % + 10 Digits + 0,02 x P) bei 20 Hz – 400 Hz; P = Wirkleistung		
Anzeige:	4stellig, 7-Segment LED		

SCHEINLEISTUNG

Messbereiche:	8 VA	24 VA	80 VA
Auflösung:	1 mVA	10 mVA	10 mVA
Messbereiche:	240/800 VA		2400/ 8000 VA
Auflösung:	100 mVA		1 VA
Genauigkeit:	±(0,8% + 5 Digits) bei 20 Hz – 1 kHz		
Anzeige:	4stellig, 7-Segment LED		

LEISTUNGSFAKTOR

Anzeige:	0,00 bis +1,00
Genauigkeit:	±(2% + 3 digits)
50-60 Hz:	U und I (Sinus) und > 1/10 v. Messbereich

MONITORAUSGANG (analog)

Anschluss:	BNC- Buchse (galvanische Trennung v. Messkreis und RS-232 Schnittstelle)
Bezugspotential:	Schutzleiteranschluss
Pegel:	1 V_{av} bei Bereichende (2400/8000 Digits)
Genauigkeit:	typ. 5 %
Ausgangsimpedanz:	ca. 10 kOhm
Bandbreite:	DC bis 1 kHz
Fremdspannungsschutz:	± 30 V

SERIELLE SCHNITTSTELLE

Anschluss:	D-Sub- Buchse (galvanische Trennung v. Messkreis und Monitorausgang)
Typ:	RS-232 (3 Leitungen)
Protokoll:	Xon / Xoff
Übertragungsraten:	1200 / 9600 Baud
Funktionen:	Steuerung / Datenabfrage

BEDIENUNG / ANZEIGEN

Messfunktionen:	Spannung, Strom, Leistung, Leistungs- faktor
Messbereichswahl:	automatisch / manuell
Überlaufanzeige:	optisch, akustisch
Spannungsanzeige:	3stellig, 7-Segment LED
Stromanzeige:	4stellig, 7-Segment LED

KOMBINIERTE ANZEIGE:

für Wirk-, Blind- und Scheinleistung:	4stellig, 7-Segment LED
Leistungsfaktor:	3stellig, 7-Segment LED

VERSCHIEDENES

Netzanschluss:	115/230 V ± 10%, 50/60 Hz Schutzklasse I, EN 61010 (IEC 1010)
Leistungsaufnahme:	ca. 15 W bei 50 Hz
Arbeitstemperaturbereich:	0°....+40 °C
Zulässige rel. Feuchte:	< 80%
Gehäusemaße (BxHxT):	285 x 75 x 365 mm
Gewicht:	ca. 4 kg

Lieferumfang: Power Meter HM8115-2, Netzkabel, Bedienungsanleitung, Software-CD

Als weiteres Zubehör empfehlen wir:

HZ33, HZ34: Messkabel BNC / BNC

HZ42: 19" Einbausatz 2HE für Gehäusehöhe 75 mm

HZ815: Steckdosen-Adapter (Schuko)

Wichtige Hinweise

Symbole

(1) (2) (3) (4) (5) (6)

Symbol 1: Achtung - Bedienungsanleitung beachten
Symbol 2: Vorsicht Hochspannung
Symbol 3: Masseanschluss
Symbol 4: Hinweis – unbedingt beachten
Symbol 5: Tipp! – Interessante Info zur Anwendung
Symbol 6: Stop! – Gefahr für das Gerät

Auspacken

Prüfen Sie beim Auspacken den Packungsinhalt auf Vollständigkeit. Ist der Netzspannungsumschalter entsprechend der vorhandenen Netzversorgung eingestellt?
Nach dem Auspacken sollte das Gerät auf mechanische Beschädigungen und lose Teile im Innern überprüft werden. Falls ein Transportschaden vorliegt, ist sofort der Lieferant zu informieren. Das Gerät darf dann nicht in Betrieb genommen werden.

Aufstellen des Gerätes

Das Gerät kann in zwei verschiedenen Positionen aufgestellt werden: Die vorderen Gerätefüße werden wie in Abbildung 1 aufgeklappt. Die Gerätefront zeigt dann leicht nach oben. (Neigung etwa 10°).

Bild 1

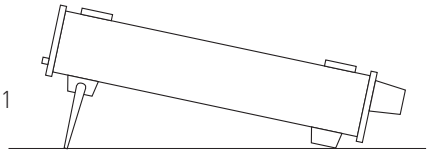


Bild 2

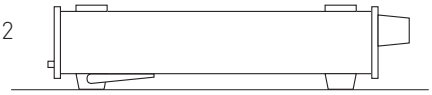
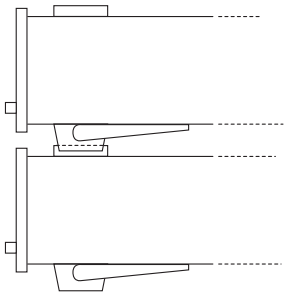


Bild 3



Bleiben die vorderen Gerätefüße eingeklappt, wie in Abbildung 2, lässt sich das Gerät mit vielen weiteren Geräten von HAMEG sicher stapeln. Werden mehrere Geräte aufeinander gestellt sitzen die eingeklappten Gerätefüße in den Arretierungen des darunter liegenden Gerätes und sind gegen unbeabsichtigtes Verrutschen gesichert. (Abbildung 3).
Es sollte darauf geachtet werden, dass nicht mehr als drei bis vier Geräte übereinander gestapelt werden. Ein zu hoher Geräteturm kann instabil werden und auch die Wärmeentwicklung kann bei gleichzeitigem Betrieb aller Geräte, zu groß werden.

Transport

Bewahren Sie bitte den Originalkarton für einen eventuell späteren Transport auf. Transportschäden aufgrund einer mangelhaften Verpackung sind von der Garantie ausgeschlossen.

Lagerung

Die Lagerung des Gerätes muss in trockenen, geschlossenen Räumen erfolgen. Wurde das Gerät bei extremen Temperaturen transportiert, sollte vor dem Einschalten eine Zeit von mindestens 2 Stunden für die Akklimatisierung des Gerätes eingehalten werden.

Sicherheitshinweise

Diese Gerät ist gemäß VDE0411 Teil1, Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel, und Laborgeräte, gebaut und geprüft und hat das Werk in sicherheitstechnisch einwandfreiem Zustand verlassen. Es entspricht damit auch den Bestimmungen der europäischen Norm EN 61010-1 bzw. der internationalen Norm IEC 1010-1. Um diesen Zustand zu erhalten und einen gefahrlosen Betrieb sicherzustellen, muss der Anwender die Hinweise und Warnvermerke, in dieser Bedienungsanleitung, beachten. Das Gerät entspricht der Schutzklasse 1, somit sind alle Gehäuse- und Chassisteile mit dem Netzschutzleiter verbunden. Das Gerät darf aus Sicherheitsgründen nur an vorschriftsmäßigen Schutzkontaktsteckdosen oder an Schutz-Trenntransformatoren der Schutzklasse 2 betrieben werden.

Sind Zweifel an der Funktion oder Sicherheit der Netzsteckdosen aufgetreten, so sind die Steckdosen nach DIN VDE0100,Teil 610, zu prüfen.

Das Auftrennen der Schutzkontaktverbindung innerhalb oder außerhalb des Gerätes ist unzulässig!

Beim Anlegen von berührungsgefährlichen Spannungen an die Eingangsbuchsen INPUT ⑫ müssen alle diesbezüglichen Sicherheitsvorschriften beachtet werden! Gleichspannung ist erdfrei zu machen! Wechselspannung ist mit einem Schutztrenntrafo erdfrei zu machen!

Vor dem Abziehen der Sicherheitsstecker am INPUT ⑫ ist sicherzustellen dass diese spannungsfrei sind. Ansonsten besteht Unfallgefahr, im schlimmsten Fall Lebensgefahr!

Werden Geräte der Schutzklasse I an OUTPUT ⑭ angeschlossen, ist der Schutzleiter PE am Prüfling separat anzuschließen. Wird dies nicht beachtet, besteht Lebensgefahr!
Das Gerät darf nur von Fachpersonal geöffnet werden. Zuvor ist es spannungsfrei zu schalten!

Die Sicherheitsstecker können durch hohe Ströme heiß werden!

- Der Netzspannungsumschalter muss entsprechend der vorhandenen Netzversorgung eingestellt sein.
- Das Öffnen des Gerätes darf nur von einer entsprechend ausgebildeten Fachkraft erfolgen.
- Vor dem Öffnen muss das Gerät ausgeschaltet und von allen Stromkreisen getrennt sein.

In folgenden Fällen ist das Gerät außer Betrieb zu setzen und gegen unabsichtlichen Betrieb zu sichern:
- Sichtbare Beschädigungen am Gerät
- Beschädigungen an der Anschlussleitung
- Beschädigungen am Sicherungshalter
- Lose Teile im Gerät
- Das Gerät arbeitet nicht mehr
- Nach längerer Lagerung unter ungünstigen Verhältnissen (z.B. im Freien oder in feuchten Räumen)
- Schwere Transportbeanspruchung

Garantie und Reparatur

HAMEG Geräte unterliegen einer strengen Qualitätskontrolle. Jedes Gerät durchläuft vor dem Verlassen der Produktion einen 10-stündigen „Burn in-Test". Im intermittierenden Betrieb wird dabei fast jeder Frühausfall erkannt. Anschließend erfolgt ein umfangreicher Funktions- und Qualitätstest bei dem alle Betriebsarten und die Einhaltung der technischen Daten geprüft werden.
Bei Beanstandungen innerhalb der 2-jährigen Gewährleistungsfrist wenden Sie sich bitte an den Händler, bei dem Sie Ihr HAMEG Produkt erworben haben. Um den Ablauf zu beschleunigen, können Kunden innerhalb der Bundesrepublik Deutschland die Garantiereparatur auch direkt mit HAMEG abwickeln.

Für die Abwicklung von Reparaturen innerhalb der Gewährleistungsfrist gelten unsere Garantiebedingungen, die im Internet unter **http://www.hameg.de** eingesehen werden können.

Auch nach Ablauf der Gewährleistungsfrist steht Ihnen der HAMEG Kundenservice für Reparaturen und Ersatzteile zur Verfügung.

Return Material Authorization (RMA):
Bevor Sie ein Gerät an uns zurücksenden, fordern Sie bitte in jedem Fall per Internet:
http://www.hameg.de oder Fax eine RMA-Nummer an.
Sollte Ihnen keine geeignete Verpackung zur Verfügung stehen, so können Sie einen leeren Originalkarton über den HAMEG-Vertrieb (Tel: +49 (0) 6182 800 300, E-Mail: vertrieb@hameg.de) bestellen.

Bestimmungsgemäßer Betrieb

Die Geräte sind zum Gebrauch in sauberen, trockenen Räumen bestimmt. Sie dürfen nicht bei besonders großem Staub- bzw. Feuchtigkeitsgehalt der Luft, bei Explosionsgefahr sowie bei aggressiver chemischer Einwirkung betrieben werden.
Die zulässige Umgebungstemperatur während des Betriebes reicht von +10 °C...+40 °C. Während der Lagerung oder des Transportes darf die Temperatur zwischen –10 °C und +70 °C betragen. Hat sich während des Transportes oder der Lagerung Kondenswasser gebildet, muss das Gerät ca. 2 Stunden akklimatisiert werden, bevor es in Betrieb genommen wird.
Das Gerät darf aus Sicherheitsgründen nur an vorschriftsmäßigen Schutzkontaktsteckdosen oder an Schutz-Trenntransformatoren der Schutzklasse 2 betrieben werden. Die Betriebslage ist beliebig. Eine ausreichende Luftzirkulation (Konvektionskühlung) ist jedoch zu gewährleisten. Bei Dauerbetrieb ist folglich eine horizontale oder schräge Betriebslage (vordere Gerätefüße aufgeklappt) zu bevorzugen.

Die Lüftungslöcher und die Kühlkörper des Gerätes dürfen nicht abgedeckt werden !

Nenndaten mit Toleranzangaben gelten nach einer Anwärmzeit von min. 20 Minuten, im Umgebungstemperaturbereich von 15 °C bis 30 °C. Werte ohne Toleranzangabe sind Richtwerte eines durchschnittlichen Gerätes.

Wartung

Das Gerät benötigt bei einer ordnungsgemäßen Verwendung keine besondere Wartung. Sollte das Gerät durch den täglichen Gebrauch verschmutzt sein, genügt die Reinigung mit einem feuchten Tuch. Bei hartnäckigem Schmutz verwenden Sie ein mildes Reinigungsmittel (Wasser und 1% Entspan-nungsmittel). Bei fettigem Schmutz kann Brennspiritus oder Waschbenzin (Petroleumäther) benutzt werden. Displays oder Sichtscheiben dürfen nur mit einem feuchten Tuch gereinigt werden.

Verwenden Sie keinen Alkohol, Lösungs- oder Scheuermittel. Keinesfalls darf die Reinigungsflüssigkeit in das Gerät gelangen. Die Anwendung anderer Reinigungsmittel kann die Kunststoff- und Lackoberflächen angreifen.

Netzspannungsumschaltung

Das Gerät arbeitet mit einer Netzwechselspannung von 115 V oder 230 V 50/60 Hz. Die vorhandene Netzversorgungsspannung wird mit dem Netzspannungsumschalter ⑯ eingestellt. Mit der Netzspannungsumschaltung ist ein Wechsel der Netzeingangssicherungen notwendig. Die Nennströme der benötigten Sicherungen sind an der Gehäuserückwand abzulesen.

Sicherungswechsel der Gerätesicherung

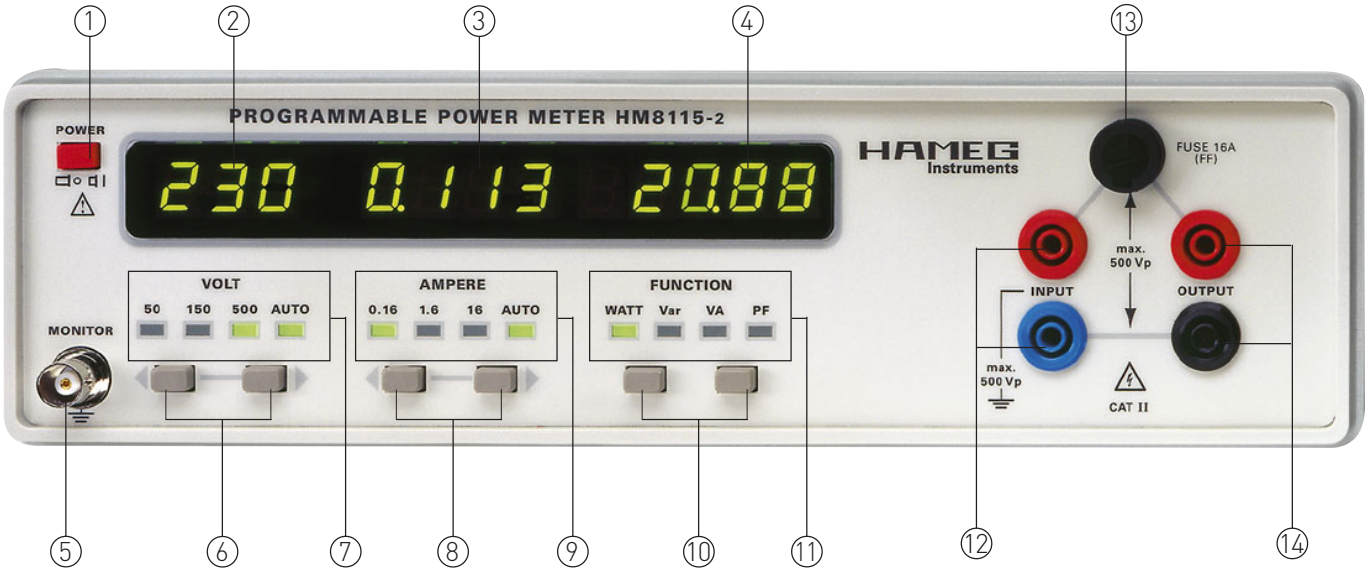
Die Netzeingangssicherungen sind von außen zugänglich. Kaltgeräteeinbaustecker und Sicherungshalter bilden eine Einheit. Das Auswechseln der Sicherung darf nur erfolgen wenn zuvor das Gerät vom Netz getrennt und das Netzkabel abgezogen wurde. Sicherungshalter und Netzkabel müssen unbeschädigt sein. Mit einem geeigneten Schraubenzieher (Klingenbreite ca. 2mm) werden die an der linken und rechten Seite des Sicherungshalters befindlichen Kunststoffarretierungen nach innen gedrückt. Der Ansatzpunkt ist am Gehäuse mit zwei schrägen Führungen markiert. Beim Entriegeln wird der Sicherungshalter durch Druckfedern nach außen gedrückt und kann entnommen werden. Die Sicherungen sind dann zugänglich und können ggf. ersetzt werden. Es ist darauf zu achten, dass die zur Seite herausstehenden Kontaktfedern nicht verbogen werden. Das Einsetzen des Sicherungshalters ist nur möglich, wenn der Führungssteg zur Buchse zeigt. Der Sicherungshalter wird gegen den Federdruck eingeschoben, bis beide Kunststoffarretierungen einrasten.

Ein Reparieren der defekten Sicherung oder das Verwenden anderer Hilfsmittel zum Überbrücken der Sicherung ist gefährlich und unzulässig. Dadurch entstandene Schäden am Gerät fallen nicht unter die Garantieleistungen.

Sicherungstype:
Kaltgerätesteckdose
einfügen.
Größe 5 x 20 mm; 250V~, C;
IEC 127, Bl. III; DIN 41 662
(evtl. DIN 41 571, Bl. 3).

Netzspannung	Sicherungs-Nennstrom
230 V	100 mA träge (T)
115 V	200 mA träge (T)

Bezeichnung der Bedienelemente

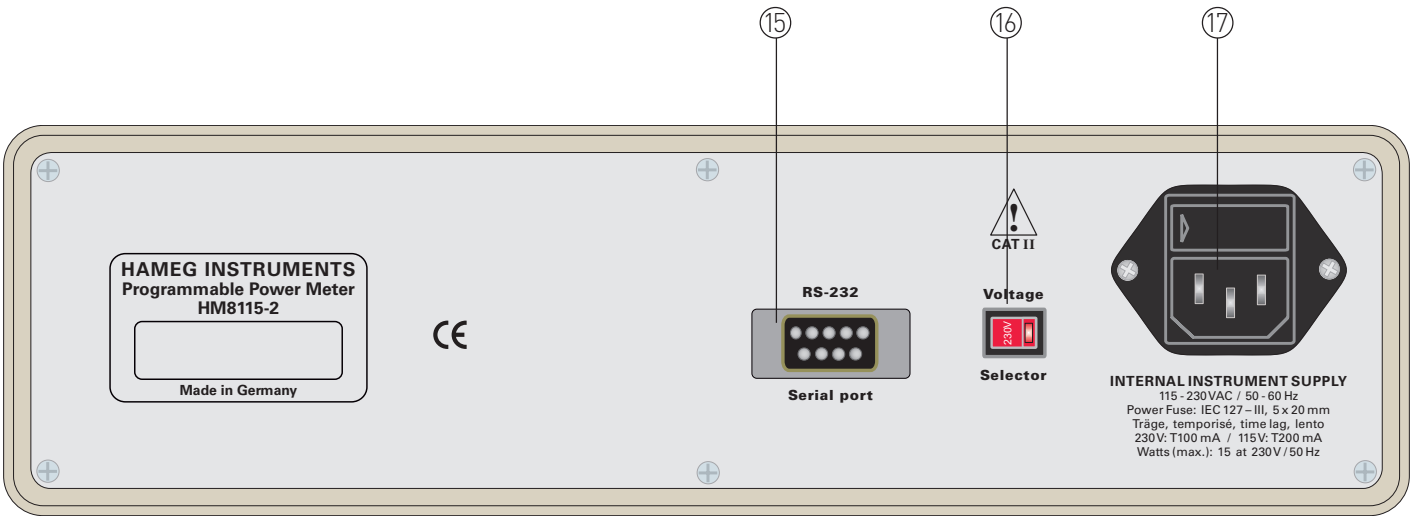


Gerätefrontseite

1. POWER – Netzschalter
2. VOLT Display – Spannungsanzeige
3. AMPERE Display – Stromanzeige
4. FUNCTION Display – Anzeige für Leistung u. PF (power factor)
5. MONITOR – Monitorausgang
6. VOLT Tasten – Bereichsumschalter für Spannung
7. VOLT LED – Anzeige Spannungsbereich
8. AMPERE Tasten – Bereichsumschalter für Strom
9. AMPERE LED – Anzeige Strombereich
10. FUNCTION Tasten – Bereichsumschalter Messfunktion
11. FUNCTION LED – Anzeige Messfunktion
12. INPUT – Eingang Stromversorgung für Prüfling
13. FUSE – Sicherung für den Messkreis
14. OUTPUT – Ausgang zum Prüfling

Geräterückseite

15. Serielle Schnittstelle RS-233 (9 pol. D-Sub Buchse)
16. Netzspannungsumschalter
17. Kaltgeräteeinbaustecker mit Netzsicherung



Messgrundlagen

Verwendete Abkürzungen und Zeichen

W	Wirkleistung	P
VA	Scheinleistung	S
var	Blindleistung	Q

u(t)	Spannung Momentanwert
$u^2(t)$	Spannung quadratischer Mittelwert
$\lvert\hat{U}\rvert$	Spannung Gleichrichtwert
U_{eff}	Spannung Effektivwert
û	Spannung Spitzenwert
I_{eff}	Strom Effektivwert
î	Strom Spitzenwert
φ	Phasenverschiebung (Phi) zwischen U und I
$\cos\varphi$	Leistungsfaktor bei sinusförmigen Größen
PF	Leistungsfaktor (power factor) bei nichtsinusförmigen Größen

Arithmetischer Mittelwert

$$\bar{x}_{(t)} = \frac{1}{T}\int_0^T x_{(t)} \cdot dt$$

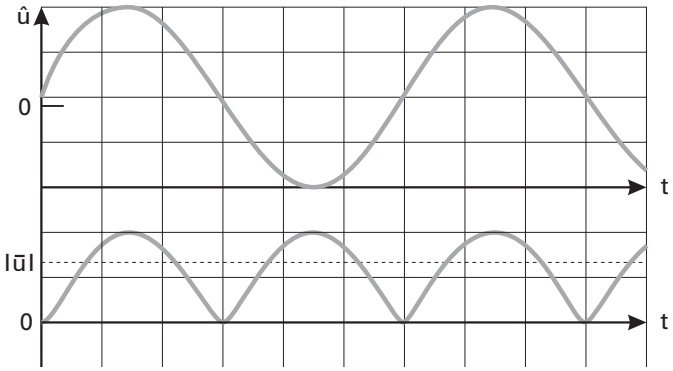
Der arithmetische Mittelwert eines periodischen Signals ist der gemittelte Wert aller Funktionswerte, die innerhalb einer Periode T vorkommen. Der Mittelwert eines Signals entspricht dem Gleichanteil.

- Ist der Mittelwert = 0 , liegt ein reines Wechselsignal vor.
- Für Gleichgrößen ist der Mittelwert = Augenblickswert.
- Für Mischsignale entspricht der Mittelwert dem Gleichanteil

Gleichrichtwert

$$\lvert\bar{x}\rvert = \frac{1}{T}\int_0^T \lvert x_{(t)}\rvert \, dt$$

Der Gleichrichtwert ist das arithmetische Mittel der Beträge der Augenblickswerte. Die Beträge der Augenblickswerte ergeben sich durch Gleichrichtung des Signals. Der Gleichrichtwert wird berechnet durch das Integral über eine Periode von Beträgen der Spannungs- oder Stromwerte.



Bei einer sinusförmigen Wechselspannung u(t) = û sin ωt ist der Gleichrichtwert das $2/\pi$-fache (0,637fache) des Scheitelwertes. Hier Formel sinusförmiger Gleichrichtwert

$$\lvert\bar{u}\rvert = \frac{1}{T}\int_0^T \lvert\hat{u}\sin\omega t\rvert \, dt = \frac{2}{\pi}\hat{u} = 0{,}637\hat{u}$$

Effektivwert

Der quadratische Mittelwert $\bar{x^2}(t)$ eines Signals entspricht dem Mittelwert des quadrierten Signals.

$$\bar{x}_{(t)}^2 = \frac{1}{T}\int_0^T x_{(t)}^2 \, dt$$

Wird aus dem quadratischen Mittelwert die Wurzel gezogen, ergibt sich der Effektivwert des Signals X_{eff}

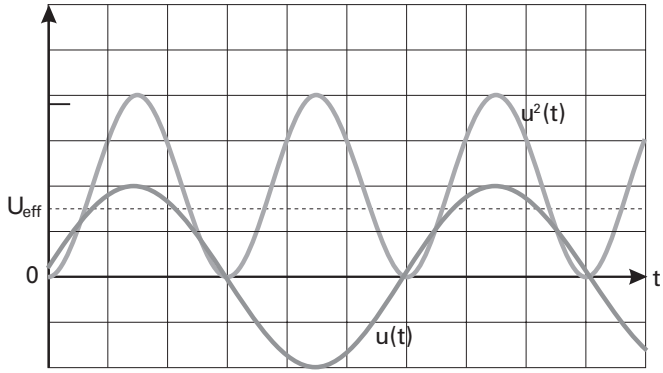
$$x_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T x_{(t)}^2 \, dt}$$

Bei Wechselspannungssignalen möchte man wie bei Gleichspannungssignalen die selben Formeln zur Berechnung von Widerstand, Leistung, etc verwenden. Wegen der wechselnden Momentangrößen wird der Effektivwert (engl. „RMS" – Root Mean Square) definiert. Der Effektivwert eines Wechselsignals erzeugt den selben Effekt wie ein entsprechend großes Gleichsignal.

Beispiel:
Eine Glühlampe, versorgt mit einer Wechselspannung von 230 V_{eff}, nimmt die gleiche Leistung auf und leuchtet genauso hell, wie eine Glühlampe versorgt mit einer Gleichspannung von 230 V_{DC}.

Bei einer sinusförmigen Wechselspannung u(t) = û sin ωt ist der Effektivwert das $1/\sqrt{2}$-fache (0,707-fache) des Scheitelwertes.

$$U = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T (\hat{u}\sin\omega t)^2 \, dt} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = 0{,}707\hat{u}$$



Formfaktor

Wird der vom Messgerät ermittelte Gleichrichtwert mit dem Formfaktor des Messsignals multipliziert ergibt sich der Effektivwert des Signals. Der Formfaktor eines Signals ermittelt sich nach folgender Formel:

$$F = \frac{U_{eff}}{\lvert\bar{u}\rvert} = \frac{\text{Effektivwert}}{\text{Gleichrichtwert}}$$

Bei reinen sinusförmigen Wechselgrößen beträgt der Formfaktor:

$$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1{,}11$$

Crestfaktor

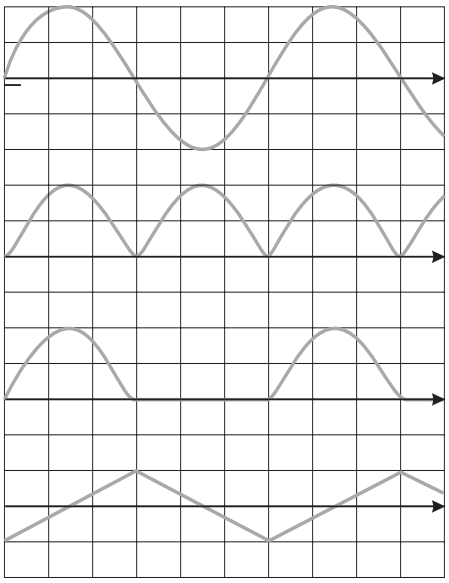
Der Crestfaktor (auch Scheitelfaktor genannt) beschreibt um welchen Faktor die Amplitude (Spitzenwert) eines Signals größer ist als der Effektivwert. Er ist wichtig bei der Messung von impulsförmigen Größen.

$$C = \frac{\hat{u}}{U_{eff}} = \frac{\text{Spitzenwert}}{\text{Effektivwert}}$$

Bei reinen sinusförmigen Wechselgrößen beträgt das Verhältnis: √2 = 1,414

Wird bei einem Messgerät der maximal zulässige Crestfaktor überschritten sind die ermittelten Messwerte ungenau, da das Messgerät übersteuert wird.

Die Genauigkeit des berechneten Effektivwertes ist abhängig vom Crestfaktor und verschlechtert sich mit höherem Crestfaktor des Messsignals. Die Angabe des maximal zulässigen Crestfaktors (techn. Daten) bezieht sich auf das Messbereichende. Wird nur ein Teil des Messbereiches genutzt (z.B. 230 V im 500 V-Bereich), darf der Crestfaktor größer sein.

Formfaktoren	Crestfaktor C	Formfaktor F
	√2	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1{,}11$
	√2	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1{,}11$
	2	$\frac{\pi}{2} = 1{,}57$
	√3	$\frac{2}{\sqrt{3}} = 1{,}15$

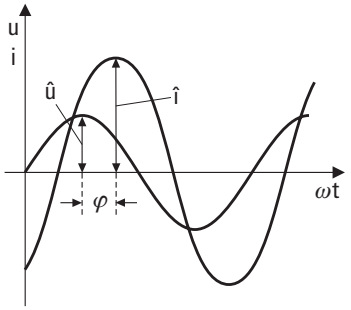
Leistung

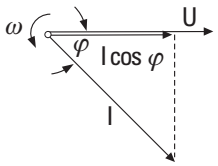
Die Leistung von Gleichgrößen (Gleichstrom, Gleichspannung) ist das Produkt von Strom und Spannung.

Bei der Wechselstromleistung muss zusätzlich zu Strom und Spannung auch die Kurvenform und die Phasenlage berücksichtigt werden. Bei sinusförmigen Wechselgrößen (Strom, Spannung) und bekannter Phasenverschiebung, lässt sich die Leistung leicht berechnen. Schwieriger wird es, wenn es sich um nichtsinusförmige Wechselgrößen handelt.

Mit dem Power Meter lässt sich der Mittelwert der augenblicklichen Leistung unabhängig von der Kurvenform messen. Voraussetzung hierfür ist, dass die bezüglich Crestfaktor und Frequenz spezifizierten Grenzen nicht überschritten werden.

Wirkleistung (Einheit Watt, Kurzzeichen P)
Induktivitäten oder Kapazitäten der Quelle führen zu Phasenverschiebungen zwischen Strom und Spannung; das gilt auch für Lasten mit induktiven bzw. kapazitiven Anteilen. Betrifft es die Quelle und die Last, erfolgt eine gegenseitige Beeinflussung. Die Wirkleistung errechnet sich aus der effektiven Spannung und dem Wirkstrom. Im Zeigerdiagramm ist der Wirkstrom die Stromkomponente mit der selben Richtung wie die Spannung.





Wenn: P = Wirkleistung
U_{eff} = Spannung Effektivwert
I_{eff} = Strom Effektivwert
φ = Phasenverschiebung zwischen U und I

ergibt sich für die Wirkleistung

$$P = U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \cos\varphi$$

Der Ausdruck $\cos\varphi$ wird als Leistungsfaktor bezeichnet.

Die Momentanleistung ist die Leistung zum Zeitpunkt (t) und errechnet sich aus dem Produkt des Stromes und der Spannung zum Zeitpunkt (t).

$$p_{(t)} = i_{(t)} \cdot u_{(t)}$$

bei Sinus gilt:

$$p_{(t)} = \hat{u} \sin(\omega t + \varphi) \cdot \hat{i} \sin \omega t$$

Die effektive Leistung, die sogenannte Wirkleistung, ist der zeitliche arithmetische Mittelwert der Momentanleistung. Wird über eine Periodendauer integriert und durch die Periodendauer dividiert ergibt sich die Formel für die Wirkleistung.

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T \hat{i} \sin \omega t \cdot \hat{u} \sin(\omega t + \varphi)\, dt$$

$$= \frac{\hat{i} \cdot \hat{u} \cdot \cos\varphi}{2}$$

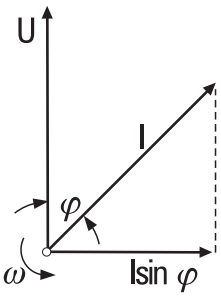
$$= U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \cos\varphi$$

Das Maximum des Leistungsfaktors cos φ = 1 ergibt sich bei einer Phasenverschiebung von φ = 0°. Die wird nur in einem Wechselstromkreis ohne Blindwiderstand erreicht.

In einem Wechselstromkreis mit einem idealen Blindwiderstand beträgt die Phasenverschiebung φ = 90°. Der Leistungsfaktor cos φ = 0. Der Wechselstrom bewirkt dann keine Wirkleistung.

Blindleistung (Einheit var, Kurzzeichen Q)
Die Blindleistung errechnet sich aus der effektiven Spannung und dem Blindstrom. Im Zeigerdiagramm ist der Blindstrom die Stromkomponente senkrecht zur Spannung. (var = Volt Ampere réactif)

Wenn: Q = Blindleistung
U_{eff} = Spannung Effektivwert
I_{eff} = Strom Effektivwert
φ = Phasenverschiebung zwischen U und I

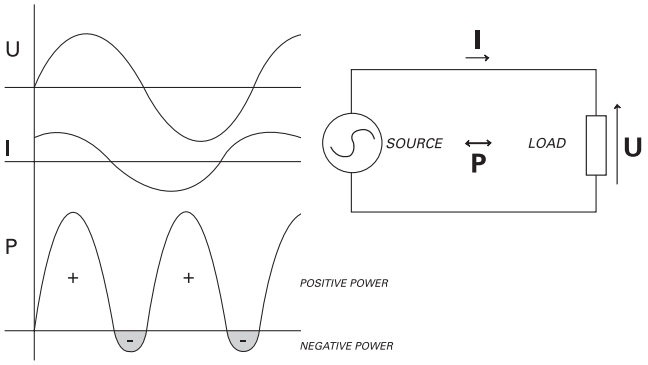


ergibt sich für die Blindleistung

$$Q = U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \sin\varphi$$

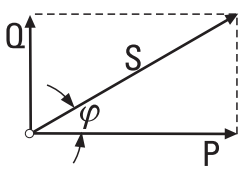
Blindströme belasten das Stromversorgungsnetz. Um die Blindleistung zu senken muss der Phasenwinkel φ verkleinert werden. Da Transformatoren, Motoren, etc. das Stromversorgungsnetz induktiv belasten werden zusätzliche kapazitive Widerstände (Kondensatoren) zugeschaltet. Diese kompensieren den induktiven Blindstrom.

Beispiel für Leistung mit Blindanteil
Bei Gleichgrößen sind Augenblickswerte von Strom und Spannung zeitlich konstant. Folglich ist auch die Leistung konstant. Im Gegensatz dazu folgt der Augenblickswert von Misch- und Wechselgrößen zeitlichen Änderungen nach Betrag (Höhe) und Vorzeichen (Polarität). Ohne Phasenverschiebung liegt immer die gleiche Polarität von Strom und Spannung vor. Das Produkt von Strom x Spannung ist immer positiv und die Leistung wird an der Last vollständig in Energie umgewandelt. Ist im Wechselstromkreis ein Blindanteil vorhanden ergibt sich eine Phasenverschiebung von Strom und Spannung. Während der Augenblickswerte in denen das Produkt von Strom und Spannung negativ ist, nimmt die Last (induktiv oder kapazitiv) keine Leistung auf. Dennoch belastet diese sogenannte Blindleistung das Netz.



Scheinleistung (Einheit Voltampere, Kurzzeichen VA)
Werden die in einem Wechselstromkreis gemessenen Werte von Spannung und Strom multipliziert ergibt das stets die Scheinleistung. Die Scheinleistung ist die geometrische Summe von Wirkleistung und Blindleistung.

Wenn: S = Scheinleistung
P = Wirkleistung
Q = Blindleistung
U_{eff} = Spannung Effektivwert
I_{eff} = Strom Effektivwert



ergibt sich für die Scheinleistung

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = U_{eff} \times J_{eff}$$

Leistungsfaktor

Der Leistungsfaktor PF (power factor) errechnet sich nach der Formel:

$$PF = \frac{P}{S}$$

PF = Leistungsfaktor
S = Scheinleistung
P = Wirkleistung
$\hat{u}$ = Spannung Spitzenwert
$\hat{i}$ = Strom Spitzenwert

Nur für sinusförmige Ströme und Spannungen gilt: PF = cos φ

Ist zum Beispiel der Strom rechteckförmig und die Spannung sinusförmig errechnet sich der Leistungsfaktor aus dem Verhältnis von Wirkleistung zu Scheinleistung. Auch hier lässt

Rechenbeispiel Leistungsfaktor

Der Effektivwert der Spannung beträgt:

$$U_{eff} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = 229{,}8\ V \approx 230\ V$$

Der Effektivwert des Stromes ergibt sich aus:

$$I_{eff} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \hat{i}^2 \cdot d\varphi}$$

$$= \sqrt{\frac{\hat{i}^2}{2\pi}\cdot\left[\left(\pi - \frac{\pi}{3}\right) + \left(2\pi - \frac{4\pi}{3}\right)\right]}$$

$$= \sqrt{\hat{i}^2 \cdot \frac{2}{3}} = \hat{i} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}}$$

$$I_{eff} = 12{,}25\ A \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} = 10{,}00\ A$$

Die Scheinleistung S entspricht:

$$S = U_{eff} \cdot I_{eff} = 230\ V \cdot 10{,}0\ A = 2300\ VA$$

Die Wirkleistung errechnet sich aus:

$$P = \frac{1}{\pi}\int_{\frac{\pi}{3}}^{\pi} \hat{u} \cdot \hat{i} \sin\varphi \cdot d\varphi = \frac{\hat{u} \cdot \hat{i}}{\pi}\left[-\cos\varphi\right]_{\frac{\pi}{3}}^{\pi}$$

$$= \frac{\hat{u} \cdot \hat{i}}{\pi}\left[\left(-(-1)\right) - (-0{,}5)\right] = \frac{1{,}5}{\pi} \cdot \hat{u} \cdot \hat{i}$$

$$= \frac{1{,}5}{\pi} \cdot 325\ V \cdot 12{,}25\ A = 1900\ W$$

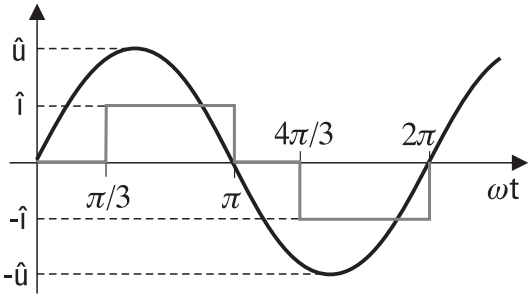
Der Leistungsfaktor PF berechnet sich aus:

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{1900\ W}{2300\ VA} = 0{,}826$$

Strom und Spannung sind in unserem Beispiel nicht phasenverschoben. Dennoch muss es eine Blindleistung geben, da die Scheinleistung größer als die Wirkleistung ist. Da der Strom eine andere Kurvenform als die Spannung besitzt, spricht man davon, dass der Strom gegenüber der Spannung „verzerrt" ist. Deshalb heißt diese Art von Blindleistung auch „Verzerrungsblindleistung".

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{(2300\ VA)^2 - (1900\ W)^2} = 1296\ var$$

sich eine Blindleistung bestimmen. Aufgrund dessen, dass der Strom eine andere Kurvenform besitzt als die Spannung, nennt man diese Blindleistung auch Verzerrungsblindleistung.



û = 325,00 V
î = 12,25 A

Gerätekonzept des HM8115-2

Das Power-Meter HM8115-2 misst je einmal die Spannung mit einem Echteffektivwertwandler und den Strom mit einem Echteffektivwertwandler. Die Momentanleistung wird mit einem Analogmultiplizierer ermittelt. Die Spannung und der Strom zum Zeitpunkt (t) werden gemessen und multipliziert. Die Wirkleistung wird dann durch Integration der Momentanleistung über eine Periode T gebildet. Alle weiteren Werte werden berechnet.

Die Scheinleistung S ergibt sich durch die Multiplikation der gemessenen Effektivspannung mit dem Effektivstrom.

$$S = U_{eff} \cdot I_{eff}$$

Die Blindleistung berechnet sich aus der Quadratwurzel von Scheinleistung minus Wirkleistung.

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

Der Leistungsfaktor PF wird aus dem Quotienten von Wirkleistung und Scheinleistung berechnet. Dies hat den Vorteil, dass der „richtige" Leistungsfaktor angezeigt wird. Würde über eine Phasenwinkelmessung der cosφ bestimmt, ist der angezeigte Wert des Leistungsfaktors bei verzerrten Signalen falsch. Dies ist der Fall bei Schaltnetzteilen, Phasenanschnittsteuerungen, Gleichrichterschaltungen, etc.

$$PF = \frac{P}{S}$$

Die Momentanleistung kann am Monitorausgang mit einem Oszilloskop betrachtet werden. Das Gerät selbst ist mit der seriellen Schnittstelle steuerbar. Die gemessenen und errechneten Werte lassen über die Schnittstelle auslesen und in der dazugehörigen Software bearbeiten. Messkreis, Monitor und Schnittstelle sind galvanisch getrennt.

Einführung in die Bedienung des HM8115-2

Achtung - Bedienungsanleitung beachten

Beachten Sie bitte besonders bei der ersten Inbetriebnahme des Gerätes folgende Punkte:

- Der Netzspannungsumschalter ⑯ ist auf die verfügbare Netzspannung eingestellt und die richtigen Sicherungen befinden sich im Sicherungshalter des Kaltgeräteeinbausteckers ⑰.
- Vorschriftsmäßiger Anschluss an Schutzkontaktsteckdose oder Schutz-Trenntransformatoren der Schutzklasse 2
- Keine sichtbaren Beschädigungen am Gerät
- Keine Beschädigungen an der Anschlussleitung
- Keine losen Teile im Gerät

Selbsttest
Einschalten des HM8115-2 mit dem Netzschalter Power ① LED-Anzeige für FUNCTION ④ zeigt die Versionsnummer der Firmware (z.B. „2.01").

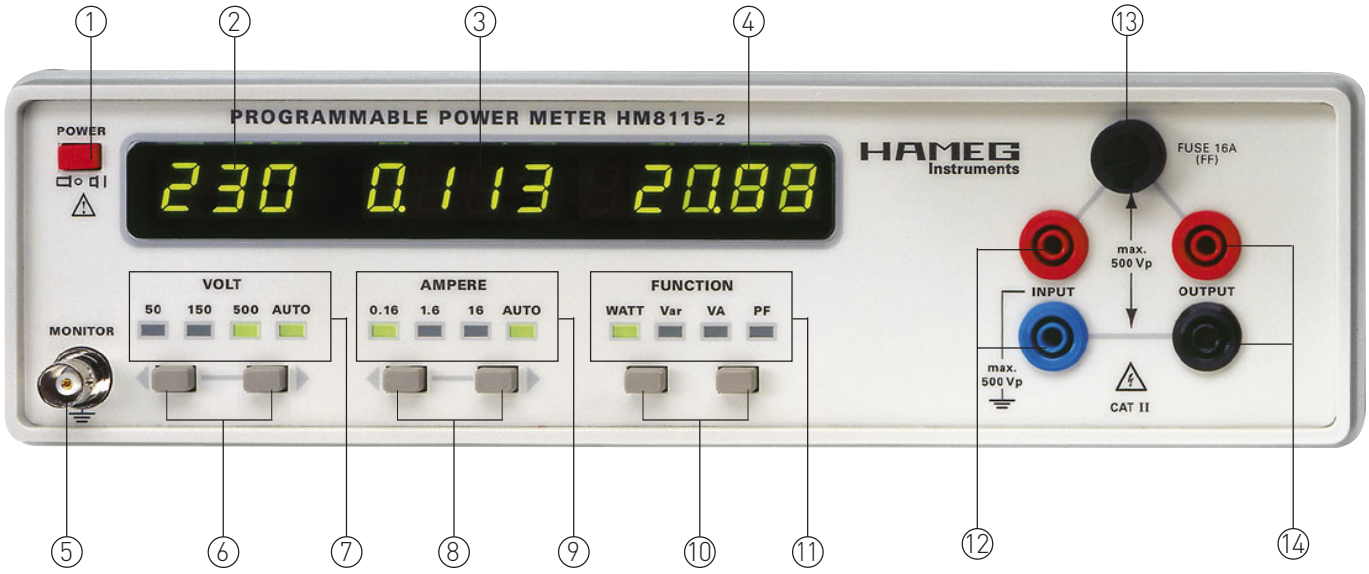
LED-Anzeige für FUNCTION ④ zeigt die eingestellte Übertragungsrate der seriellen Schnittstelle (z.B. „9600")

Das Gerät schaltet in den Modus Wirkleistung messen. Die bei FUNCTION ⑪ mit „WATT" beschriftete LED leuchtet. Die AUTO-Funktion wird eingeschaltet und für die Spannungs- und Strom-anzeige der beste Messbereich automatisch eingestellt.

Bedienelemente und Anzeigen

① POWER
Netzschalter mit Symbolen für Ein (I) und Aus (O).
Mit dem Einschalten des Gerätes zeigt die LED-Anzeige für FUNCTION ④ kurz die Versionsnummer der Firmware (z.B. „2.01"), danach die Übertragungsrate der seriellen Schnittstelle (z.B. „9600"). Anschließend schaltet das Gerät in den Modus Wirkleistung. Die bei FUNCTION ⑪ mit „WATT" beschriftete LED leuchtet. Die AUTO- Funktion wird eingeschaltet und für die Spannungs- und Stromanzeige der beste Messbereich automatisch eingestellt.

② VOLT Display
Die Spannungsanzeige zeigt die Spannung am Ausgang des Messkreises. Die Spannung ist, bedingt durch den Spannungsabfall am Shunt, geringfügig kleiner als die Eingangsspannung.
Ist die Spannung für den Messbereich zu hoch (Overrange), zeigt die Anzeige drei blinkende horizontale Striche „ – – – ".
Um eine Spannungsanzeige zu erhalten, muss mit der rechten VOLT-Taste ⑥ ein größerer Spannungsbereich oder die AUTO-Funktion gewählt werden.



③ AMPERE Display

Die Stromanzeige zeigt den Strom an, der im Messkreis fließt. Ist der Strom für den Messbereich zu hoch (Overrange), zeigt die Anzeige vier blinkende horizontale Striche „ - - - - „ . Um eine Stromanzeige zu erhalten, muss mit der rechten AMPERE-Taste ⑧ ein größerer Strombereich oder die AUTO-Funktion gewählt werden.

④ FUNCTION Display

Das FUNCTION Display zeigt den Messwert der aktuellen Funktion an.
Wählbar sind: Wirkleistung in Watt
Blindleistung in var
Scheinleistung in VA
Leistungsfaktor PF (power factor)

Die Funktionswahl wird mit den FUNCTION Tasten ⑩ vorgenommen. Die Einstellung wird mit der zugehörigen LED angezeigt.

Im Falle fehlerhafter Messungen im falschen Messbereich bei VOLT oder AMPERE zeigt die Funktionsanzeige drei/vier horizontale Striche „ - - - - „ , unabhängig von der eingestellten Funktion.

Bei PF-Messung zeigt das Display 4 horizontale Striche „ - - - - „ wenn kein Phasenwinkel bestimmbar ist. Das kann folgende Ursachen haben:

1. Es fließt kein Strom
2. Im Messkreis fließt nur Gleichstrom.
3. Wechselspannung und/oder Wechselstrom im Messkreis sind zu klein.
4. Manuell gewählte Messbereiche für VOLT und/oder AMPERE sind zu klein oder zu groß.

Warnsignal bei Messbereichsüberschreitung

Messbereichsüberschreitungen werden vom POWER METER durch Blinken der jeweiligen Anzeige und einem akustischen Warnsignal angezeigt.

Warnsignal EIN/AUS

HM8115-2 mit POWER ① ausschalten
HM8115-2 einschalten und die rechte Taste der FUNCTION Tasten ⑩ drücken
Die rechte FUNCTION Taste ⑩ erst loslassen, wenn die FUNCTION LED „WATT" leuchtet.
Die neue Einstellung wird permanent gespeichert bis wieder eine Änderung erfolgt.

⑥ VOLT

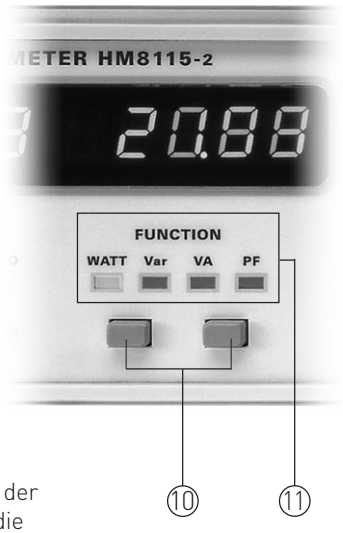
Drucktasten und Messbereichs LED für die manuelle oder automatische Wahl des Spannungsbereiches.
Nach dem Einschalten des HM8115-2 leuchtet sofort die AUTO-LED. Das Gerät wählt automatisch entsprechend der am Messkreis anliegenden Spannung den geeigneten Spannungsbereich. Dieser wird zusätzlich zur AUTO-LED mit einer weiteren LED angezeigt. Ändert sich die Spannung am Messkreis und ein anderer Messbereich ist geeigneter, schaltet die Messbereich-Automatik selbständig um.
Mit dem Betätigen einer der Tasten zum Umschalten des Messbereichs wird die Messbereich-Automatik abgeschaltet und die AUTO-LED erlischt. Danach kann der Messbereich manuell mit einer der VOLT-Tasten gewählt werden.
Die Messbereich-Automatik kann mit Betätigen der rechten VOLT-Taste wieder eingeschaltet werden. Die AUTO-LED leuchtet wieder.
Die VOLT- Anzeige ② zeigt die am Messkreis anliegende Spannung an. Wird manuell ein zu niedriger Messbereich gewählt, signalisiert das HM8115-2 durch Blinken von 3 waagrechten Strichen „- - -„ und einem Warnsignal „Overrange".

⑧ AMPERE

Drucktasten und Messbereichs LED für die manuelle oder automatische Wahl des Strombereiches.
Nach dem Einschalten des HM8115-2 leuchtet sofort die AUTO-LED. Das Gerät wählt automatisch entsprechend des im Messkreis fließenden Stromes den geeigneten Strombereich. Dieser wird zusätzlich zur AUTO-LED mit einer weiteren LED angezeigt. Ändert sich der Strom im Messkreis und ein anderer Messbereich ist geeigneter, schaltet die Messbereich-Automatik selbständig um.
Mit dem Betätigen einer der Tasten zum Umschalten des Messbereichs wird die Messbereich-Automatik abgeschaltet. Die AUTO-LED erlischt. Danach kann der Messbereich mit einer der AMPERE- Tasten gewählt werden.
Die Messbereich-Automatik kann mit Betätigen der rechten AMPERE- Taste wieder eingeschaltet werden. Die AUTO-LED leuchtet wieder.

Die AMPERE- Anzeige ③ zeigt den im Messkreis fließenden Strom an. Wird manuell ein zu niedriger Messbereich gewählt, signalisiert das HM8115-2 durch Blinken von 4 waagrechten Strichen „- - - -„ und einem Warnsignal „Overrange".

⑩ **FUNCTION**
Drucktasten und Anzeige LED für die Auswahl der Messfunktion.
Wählbar sind:
Wirkleistung in Watt
Blindleistung in V_{ar}
Scheinleistung in VA
Leistungsfaktor PF (power factor)



WATT (Wirkleistung)
Nach dem Einschalten des HM8115-2 befindet sich das Gerät immer im Modus Wirkleistungsmessung. Die WATT-LED leuchtet und das FUNCTION Display ④ zeigt die Wirkleistung an. Mit Betätigen der FUNCTION-Tasten ⑩ werden die anderen Messfunktionen ausgewählt.

Var (Blindleistung)
Mit dieser Messfunktion wird die Blindleistung gemessen. Es leuchtet die Var-LED und das FUNCTION Display ④ zeigt die Blindleistung an.
Die Blindleistung wird sowohl bei kapazitiven Lasten und als bei induktiven Lasten als positiver Wert (ohne Vorzeichen) angezeigt.

Die Blindleistungsanzeige zeigt auch dann korrekte Werte an, wenn Strom und Spannung nicht sinusförmig sind. Da die Scheinleistung ($U_{eff} \cdot I_{eff}$) und die Wirkleistung (arithmetischer Mittelwert von $u_{(t)} \cdot i_{(t)}$) unabhängig von der Kurvenform sind, kann die Blindleistung aus diesen Messwerten errechnet werden.

PF (Leistungsfaktor)
Mit dieser Messfunktion wird der Leistungsfaktor PF (power factor) gemessen. Mit dem Aufruf dieser Funktion leuchtet die zugeordnete LED und die FUNCTION-Anzeige ④ zeigt das Verhältnis von Wirkleistung / Scheinleistung an. Mit dem Power Meter läßt sich der Mittelwert der augenblicklichen Leistung unabhängig von der Kurvenform messen. Voraussetzung hierfür ist, daß die bezüglich Crestfaktor und Frequenz spezifizierten Grenzen nicht überschritten werden. Der Leistungsfaktor PF ist unabhängig von der Kurvenform der gemessenen Größen, solange der Crestfaktor und die Frequenz die spezifizierten Grenzen des Power Meter nicht überschreiten.

$$PF = \frac{P}{S}$$

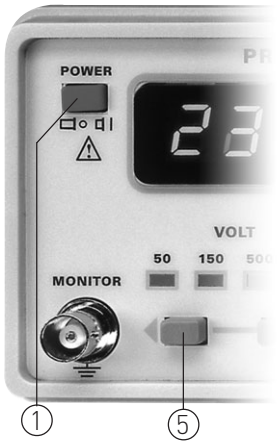
Die FUNCTION-Anzeige ④ zeigt nur bei Wechselgrößen einen Wert für PF an. Beide Wechselgrößen (Strom und Spannung) müssen in ausreichender Höhe vorliegen (s. technische Daten). Bei nicht ausreichender Höhe und bei Gleichgrößen (Gleichstrom, Gleichspannung) werden 4 waagrechte Striche angezeigt.

Würde statt dem Leistungsfaktor PF die Phasenverschiebung φ von Strom und Spannung gemessen, lässt sich daraus auch der Leistungsfaktor $\cos\varphi$ bestimmen. Dieser ist aber nur für echte sinusförmige Verläufe der Messgrößen direkt anwendbar. Sind die Spannung und/oder Strom im Versorgungsnetz verzerrt entspricht die Größe $\cos\varphi$ nicht dem „wirklichen" Leistungsfaktor. Bei verzerrten Messgrößen ist die Verzerrungsblindleistung zu berücksichtigen.

Strom und die Spannung haben sinusförmigen Verlauf. Nur dann entspricht der Leistungsfaktor PF dem $\cos\varphi$ des Winkels der Phasenverschiebung zwischen der Spannung an der Last und dem, durch die Last fließenden, Strom.

Geräteanschlüsse

⑤ **MONITOR (BNC-Buchse)**
Der Monitorausgang ermöglicht die Anzeige der Augenblickswerte der Leistung (Momentanleistung) mit einem Oszilloskop.



Die Momentanleistung ist die Leistung zum Zeitpunkt (t) und errechnet sich aus dem Produkt des Stromes und der Spannung zum Zeitpunkt (t).

$$p_{(t)} = i_{(t)} \cdot u_{(t)}$$

bei Sinus gilt: $p_{(t)} = \hat{u} \sin(\omega t + \varphi) \cdot \hat{i} \sin \omega t$

Die effektive Leistung, die sogenannte Wirkleistung, ist der zeitliche arithmetische Mittelwert der Momentanleistung. Wird über eine Periodendauer integriert und durch die Periodendauer dividiert ergibt sich die Formel für die Wirkleistung.

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T \hat{i} \sin \omega t \cdot \hat{u} \sin(\omega t + \varphi)\, dt$$
$$= \frac{\hat{i} \cdot \hat{u} \cdot \cos \varphi}{2}$$
$$= U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \cos \varphi$$

Positive Leistung wird als positives Strom-Spannungs-Produkt auf dem Oszilloskop angezeigt, negative Leistung als negatives Strom-Spannungs-Produkt. Unabhängig davon ob die Funktion WATT, Var, VA oder PF am Gerät ausgewählt wurde zeigt der Monitorausgang die Momentanleistung an. Werden Gleichspannung und Gleichstrom gemessen zeigt der Monitorausgang ein Gleichspannungssignal.

Der Schirmanschluss der BNC-Buchse ist galvanisch mit dem Chassis verbunden. Das Ausgangssignal an der Buchse ist durch einen Transformator galvanisch vom Messkreis und der RS-232 Schnittstelle getrennt.

Es erfolgt eine automatische Korrektur der temperaturabhängigen Drift. Die Häufigkeit der Korrektur hängt von der Temperatur ab. Während der Korrektur (ca. 100 ms) liegt kein Signal am Monitorausgang an und die Ausgangsspannung beträgt 0 Volt. Die automatische Korrektur erfolgt zu Beginn ca. alle 3 Sekunden innerhalb der ersten Minute. Danach erfolgt die Korrektur in einem Abstand von etwa 2 Minuten.

Die Ausgangsspannung an der MONITOR-Buchse beträgt im arithmetischen Mittel 1 V_{av} am Bereichende der WATT- Anzeige. Der Bereich der Leistungsanzeige wird nicht angezeigt, kann aber leicht errechnet werden. Er ist das Produkt des Spannungs-(VOLT) und des Strom- (AMPERE) Bereiches.

Leistungsbereich berechnen:

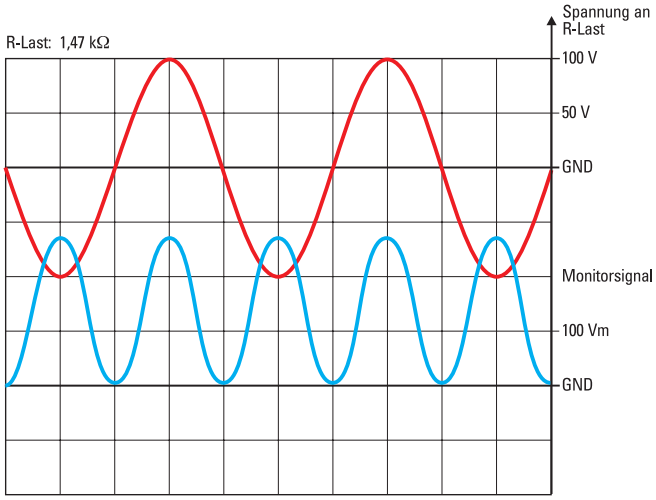
50 V	x 0,16 A	= 8 W	➔	1 V (Mittelwert)
150 V	x 16,0 A	= 2400 W	➔	1 V (Mittelwert)
500 V	x 1,6 A	= 800 W	➔	1 V (Mittelwert)

Bei maximal sinusförmiger Spannung und Strom im Messbereich zeigt der Monitorausgang ein sinusförmiges Signal mit 2 V_{pp}. Bei reinem Wirkanteil ist die Nulllinie bei 0 V und das Monitorsignal schwingt zwischen 0 V und 2 V. Im arithmetischen Mittel entsprechend 1 V_{av} (avarage).

Bei maximaler Gleichspannung und Gleichstrom im Messbereich zeigt der Monitorausgang ein Gleichsignal mit 1 V.

Beispiel 1:
Ein Draht-Widerstand mit 1,47 kΩ wird als Last an eine Spannung von 70 V_{eff} / 50 Hz angeschlossen. Die Abbildung zeigt den Spannungsverlauf an der R-Last und das Signal am Monitorausgang.

Die Messung mit dem HM8115-2 erfolgt im 150 VOLT- und 0,16 AMPERE-Bereich. Das Produkt der beiden Bereiche beträgt 24 W. Entsprechend der Spezifikation beträgt die Spannung am MONITOR-Ausgang 1 V_{ar}, wenn dem Messkreis eine Leistung von 24 Watt entnommen wird.



Da es sich um eine rein ohmschen Last handelt kommt es zu keiner Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung.

Das Oszilloskop zeigt die Leistungsaufnahme in Form einer unverzerrten sinusförmigen Wechselspannung an. Der negative Scheitelwert entspricht der Null-Volt-Position des Kathodenstrahles, während der positive Scheitelwert ca. 0,27 V beträgt. Die mittlere Spannung während einer Periode beträgt somit 0,135 V.

Mit den zuvor genannten Werten: 24 Watt Messbereich, 1V (Mittelwert) bei 24 Watt und einer tatsächlichen mittleren Spannung von 0,135 Volt am MONITOR-Ausgang ergibt sich die Gleichung

$$X = 24 \cdot 0{,}135$$

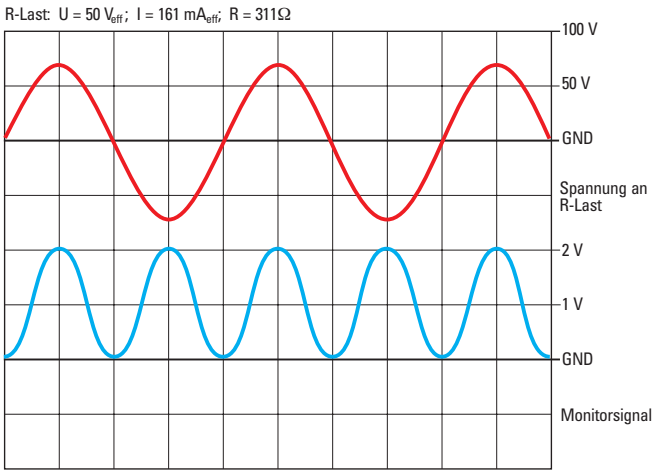
Die mittlere Leistung beträgt somit ca. 3,24 Watt. (Ablesegenauigkeit Oszilloskop!)

Das HM8115-2 zeigt folgende Messwerte:

U_{eff}	=	70 V	Q	=	0,2 var
I_{eff}	=	0,048 A	S	=	3,32 VA
P	=	3,34 W	PF	=	1,00

Beispiel 2:
Ein Draht-Widerstand mit 311 Ω wird als Last an eine Spannung von 50 V_{eff} / 50 Hz angeschlossen. Die Abbildung zeigt den Spannungsverlauf an der R-Last und das Signal am Monitorausgang.

Die Messung mit dem HM8115-2 erfolgt im 50 VOLT- und 0,16 AMPERE-Bereich erfolgen. Das Produkt der Bereiche beträgt 8 W. Entsprechend der Spezifikation beträgt die Spannung am MONITOR- Ausgang 1 V (Mittelwert), wenn dem Messkreis eine Leistung von 8 Watt entnommen wird.



Da es sich um eine rein ohmsche Last handelt kommt es zu keiner Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung. Das Oszilloskop zeigt die Leistungsaufnahme in Form einer unverzerrten sinusförmigen Wechselspannung an. Der negative Scheitelwert entspricht der Null-Volt-Position des Kathodenstrahles, während der positive Scheitelwert ca. 2 V beträgt. Die mittlere Spannung während einer Periode beträgt somit 1 V.

Mit den zuvor genannten Werten: 8 Watt Messbereich, 1V (Mittelwert) bei 8 Watt und einer tatsächlichen mittleren Spannung von 1 Volt am MONITOR- Ausgang ergibt sich die Gleichung

$$X = 8 \cdot 1$$

Die mittlere Leistung beträgt somit 8 Watt.

Das HM8115-2 zeigt folgende Messwerte:

U_{eff}	=	50 V	Q	=	0,73 var
I_{eff}	=	0,161 A	S	=	8,038 VA
P	=	8,010 W	PF	=	1,00

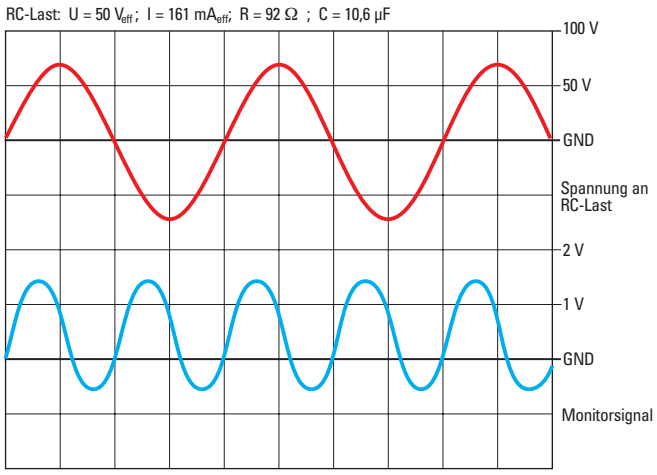
Beispiel 3:
Ein Widerstand mit 92 Ohm und ein Kondensator mit 10,6 µF wird als Last an eine Spannung von 50 V_{eff} / 50 Hz angeschlossen.

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2} \qquad \text{mit } X_c = \frac{1}{2\pi f \cdot c} = \frac{1}{\omega \cdot c}$$

Der Scheinwiderstand Z der Reihenschaltung errechnet sich zu 314 Ohm, so dass die Größenverhältnisse der Messwerte

ähnlich Beispiel 2 sind. Die Abbildung zeigt den Spannungsverlauf an der RC-Last und das Signal am Monitorausgang.

Die Messung mit dem HM8115-2 erfolgt ebenfalls im 50 VOLT- und 0,16 AMPERE- Bereich. Das Produkt der Bereiche beträgt 8 W. Entsprechend der Spezifikation beträgt die Spannung am MONITOR- Ausgang 1 V, wenn dem Messkreis eine Scheinleistung von 8 Watt entnommen wird.

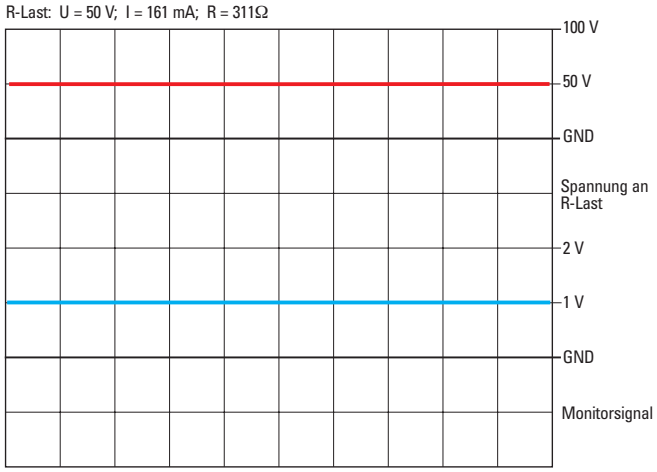


Das HM8115-2 zeigt folgende Messwerte:

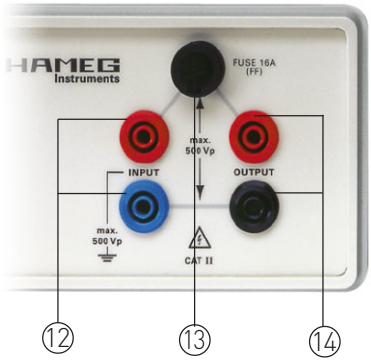
Ueff	=	50 V	Q	=	7,67 var
Ieff	=	0,161 A	S	=	8,042 VA
P	=	2,416 W	PF	=	0,30

Obwohl die Frequenz, der am Messkreiseingang anliegenden Spannung, 50 Hz beträgt, zeigt das Oszilloskop die Leistung mit einer Frequenz von 100 Hz an. Bezogen auf eine 50 Hz Periode, gibt es zwei Augenblickswerte in denen die maximale Leistung entnommen wird. Das ist zum Zeitpunkt des positiven und des negativen Scheitelwertes der Fall. Zu zwei Augenblickswerten fließt kein Strom und es liegt keine Spannung an (Nulldurchgang). Dann kann keine Leistung entnommen werden und die Spannung am MONITOR-Ausgang beträgt 0 Volt.

Beispiel 4:
Ein Widerstand mit 311 Ω wird als Last an eine Gleichspannung von 50 V angeschlossen.



⑫ **INPUT /**
⑭ **OUTPUT**
(4mm Sicherheitsbuchse)



Der Messkreis des POWER METER ist nicht mit Erde (Schutzleiter, PE) verbunden! Die beiden linken Buchsen sind mit INPUT gekennzeichnet und werden mit der Stromversorgung für den Prüfling verbunden. Der Prüfling selbst wird an die beiden rechten Buchsen OUTPUT angeschlossen.

Beim Anlegen von berührungsgefährlichen Spannungen an die Eingangsbuchsen INPUT ⑫ müssen alle diesbezüglichen Sicherheitsvorschriften beachtet werden!
Gleichspannung ist erdfrei zu machen!
Wechselspannung ist mit einem Schutztrenntrafo erdfrei zu machen!

Achtung!
Spannungen, die einen der folgenden Werte überschreiten, werden als berührungsgefährlich angesehen:
1. **30,0 V Effektivwert**
2. **42,4 V Spitzenwert**
3. **60,0 V Gleichspannung**

Das Anlegen höherer Spannungen darf nur durch Fachkräfte erfolgen, die mit den damit verbundenen Gefahren vertraut sind!
Die diesbezüglichen Sicherheitsvorschriften sind unbedingt zu beachten!

Vor dem Abziehen der Sicherheitsstecker am INPUT ⑫ ist sicherzustellen dass diese spannungsfrei sind. Ansonsten besteht Unfallgefahr, im schlimmsten Fall Lebensgefahr!

Werden Geräte der Schutzklasse I an OUTPUT ⑭ angeschlossen und ohne Trenntrafo versorgt, ist der Schutzleiter PE am Prüfling separat anzuschließen. Wird dies nicht beachtet, besteht Lebensgefahr!

Die Sicherheitsstecker können durch hohe Ströme heiß werden!

Die beiden oberen Buchsen (rot) sind galvanisch miteinander verbunden (0 Ohm). Zwischen den beiden oberen Buchsen darf deshalb keine Spannung angelegt werden (Kurzschlussgefahr)!

Der Messwiderstand befindet sich im Gerät zwischen den unteren Buchsen (blau, schwarz). Auch zwischen diesen Buchsen darf keine Spannung angelegt werden (Kurzschlussgefahr)!

Der Messwiderstand wird durch eine von außen zugängliche Sicherung geschützt, die sich im Sicherungshalter ⑬ befin-

det. Ein Reparieren der defekten Sicherung oder das Verwenden anderer Hilfsmittel zum Überbrücken der Sicherung ist gefährlich und unzulässig!

Dieser Messkreis ist für einen maximal zulässigen Messstrom von 16 Ampere ausgelegt (Sicherungsspezifikation: 16 A Superflink FF). Das Auswechseln dieser Sicherung darf nur erfolgen, wenn an den Messkreisanschlüssen keine Spannung anliegt!

Die zwischen den beiden INPUT-Buchsen maximal zulässige Spannung beträgt 500 Volt. Bezogen auf das Bezugspotential des Gerätes (Masseanschluss = Schutzleiteranschluss PE), darf an keiner der beiden INPUT-Buchsen der Spitzenwert der Spannung größer als 500 V sein.

Achtung!
Spannungen, die einen der folgenden Werte überschreiten, werden als berührungsgefährlich angesehen:

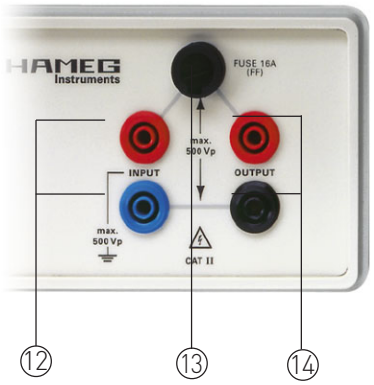
1. **30,0 V Effektivwert**
2. **42,4 V Spitzenwert**
3. **60,0 V Gleichspannung**

Das Anlegen höherer Spannungen darf nur durch Fachkräfte erfolgen, die mit den damit verbundenen Gefahren vertraut sind!
Die diesbezüglichen Sicherheitsvorschriften sind unbedingt zu beachten!

⑬ Sicherung für Messkreis

Mit der im Sicherungshalter befindlichen Sicherung (Zeit-Strom Charakteristik: Superflink FF) wird der Messwiderstand geschützt. Dieser Messkreis ist für einen maximal zulässigen Messstrom von 16 Ampere ausgelegt (Sicherungsspezifikation: Superflink (FF)).

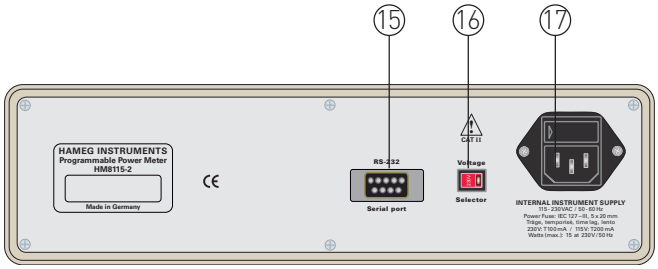
Sicherungstype:
Größe 6,3 x 32 mm;
250V_{AC};
US-Norm:
UL198G;
CSA22-2 Nr.590



Das Auswechseln dieser Sicherung darf nur erfolgen, wenn an den Messkreisanschlüssen keine Spannung anliegt! Ein Reparieren der defekten Sicherung oder das Verwenden anderer Hilfsmittel zum Überbrücken der Sicherung ist gefährlich und unzulässig!

Sicherungswechsel der Messkreissicherung

Die Messkreissicherung ⑬ ist von außen zugänglich. Das Auswechseln der Sicherung darf nur erfolgen wenn an den Messkreisanschlüssen keine Spannung anliegt! Dazu werden alle Verbindungen zu INPUT ⑫ und OUTPUT ⑭ getrennt. Das HM8115-2 ist vom Netz zu trennen. Mit einem Schraubendreher mit entsprechend passender Klinge wird die Verschlusskappe des Sicherungshalters vorsichtig gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Damit sich die Verschlusskappe drehen lässt, wird diese zuvor mit dem Schraubendreher in den Sicherungshalter gedrückt. Die Verschlusskappe mit der Sicherung lässt sich dann einfach entnehmen. Tauschen Sie die defekte Sicherung gegen eine neue Sicherung, vorgeschriebenen Auslösestromes und Typs, aus. Ein Reparieren der defekten Sicherung oder das Verwenden anderer Hilfsmittel zum Überbrücken der Sicherung ist gefährlich und unzulässig. Dadurch entstandene Schäden am Gerät fallen nicht unter die Garantieleistungen.



⑮ Serielle Schnittstelle

Auf der Rückseite des POWER METER befindet sich eine RS-232 Schnittstelle, die als 9polige D-Sub Buchse ausgeführt ist. Über diese bidirektionale Schnittstelle kann das POWER METER Daten (Befehle) von einem externen Gerät (PC) empfangen und Daten (Messwerte und Parameter) senden.

⑯ Netzspannungsumschalter

Das Gerät arbeitet mit einer Netzwechselspannung von 115V oder 230V 50/60Hz. Die vorhandene Netzversorgungsspannung wird mit dem Netzspannungsumschalter ⑯ eingestellt. Mit der Netzspannungsumschaltung ist ein Wechsel der Netzeingangssicherungen notwendig. Die Nennströme der benötigten Sicherungen sind an der Gehäuserückwand abzulesen.

⑰ Kaltgeräteeinbaustecker mit Sicherungshalter

Kaltgeräteeinbaustecker ⑰ zur Aufnahme des Netzkabels mit Kaltgerätekupplung nach DIN 49457 und der Netzeingangssicherung des HM8115-2.

Befehlsliste der Gerätesoftware

Die Befehle müssen als Buchstaben- bzw. Ziffern-Zeichenkette im ASCII-Format gesendet werden. Buchstaben können in Groß- und Kleinschreibung gesendet werden. Abgeschlossen wird jeder Befehl mit dem Zeichen 0Dh (= Enter-Taste).

Befehl	Antwort	Beschreibung
PC > HM8115-2		HM8115-2 > PC
Gerätestatus		
*IDN?	HAMEG HM8115-2	Abfrage der Identifikation
VERSION?	version x.xx	Abfrage der Softwareversion. Antwort z.B.: version 1.01
STATUS?	Funktion; Messbereich	Abfrage der aktuellen Geräteeinstellungen: Funktion: WATT, VAR, VA, PF Voltbereich: U1 = 50 V, U2 = 150 V, U3 = 500 V Amperebereich: I1 = 0,16 A, I2 = 1,6 A, I3 = 16A
Allgemeine Befehle		
VAL?	Messbereiche und Messwerte	Abfrage der aktuellen Geräteeinstellungen und Messwerte. Beispiel für VAR aktiv: U3= 225.6E+0 (225,6 V gemessen im 500 V-Bereich) I2= 0.243E+0 (0,243 A gemessen im 1,6 A-Bereich) VAR= 23,3E+0 (Blindleistung von 23,3 W) Messbereichsüberschreitungen sind mit „OF" (Overflow) gekennzeichnet. Falls das Kommando innerhalb eines Messzyklus gesendet wird, kommt die Antwort erst am Ende des Messzyklus.
VAS?	Messbereiche;	Einzelabfrage der Parameter und des Messwertes FUNCTION.
	Funktion mit Messwert.	Beispiel für PF aktiv: U3, I2, PF= 0.87E+0.
Busbefehle		
FAV0	keine	Sperren aller Bedienelemente VOLT, AMPERE und FUNCTION.
FAV1	keine	Freigabe aller Bedienelemente VOLT, AMPERE und FUNCTION.
Geräteeinstellung		
BEEP	keine	Erzeugt einmal ein akustisches Signal.
BEEP0	keine	Akustisches Signal abgeschaltet
BEEP1	keine	Akustisches Signal möglich
Betriebsarten		
WATT	keine	Wirkleistung
VAR	keine	Blindleistung
VAMP	keine	Scheinleistung
PFAC	keine	Leistungsfaktor PF
AUTO:U	keine	AUTORANGE- Funktion für Spannungsmessung (VOLT) ein.
AUTO: I	keine	AUTORANGE- Funktion für Strommessung (AMPERE) ein.
MA1	Wert / Funktion	Ständige Übertragung der Parameter und Messwerte zum PC. Beispiel für PF aktiv: U3, I2, cos=0.87E+0. Bereichsüberschreitungen sind mit „OF" (Overflow) gekennzeichnet. Jedes Messergebnis wird an den PC gesendet, bis die Funktion mit dem Befehl „MA0" beendet wird.
MA0	keine	Beendet den kontinuierlichen Messwerttransfer, der mit „MA1" gestartet wird.
SET:Ux	keine	Wählt einen Spannungsmessbereich x (VOLT) und schaltet die AUTORANGE- Funktion für Spannungsmessung (VOLT) ab:
SET:U1		50 V Bereich
SET:U2		150 V-Bereich
SET:U3		500 V-Bereich
SET:Ix	keine	Wählt einen Strommessbereich x (AMPERE) und schaltet die AUTORANGE- Funktion für Strommessung (AMPERE) ab:
SET:I1		0,16 A-Bereich
SET:I2		1,6 A-Bereich
SET:I3		16 A-Bereich

Serielle Schnittstelle

Der HM8115-2 ist für den Einsatz in automatischen Testsystemen bestens vorbereitet. Standardmäßig ist der HM8115-2 mit einer RS-232 Schnittstelle bestückt. Die verwendete RS-232 Schnittstelle ist vom Messkreis durch einen Optokoppler galvanisch getrennt.

Schnittstellenparameter
N, 8, 1, Xon-Xoff
(kein Paritätsbit, 8 Datenbits, 1 Stoppbit, Xon-Xoff)

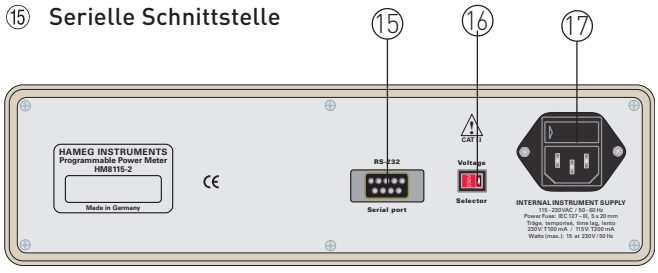
Die Datenübertragung kann mit einem Terminalprogramm wie z.B. HyperTerminal durchgeführt werden. Nachdem die Einstellungen im Terminalprogramm vorgenommen wurden, muss vor dem Senden des ersten Befehls an das POWER METER einmal die ENTER-Taste auf der PC-Tastatur betätigt werden.

Baudrate
Die Datenübertragung kann mit 1200 Baud oder 9600 Baud erfolgen.

Änderungen der Schnittstellenparameter
Es kann nur die Übertragungsrate zwischen 1200 und 9600 Baud umgeschaltet werden.
Dies geschieht folgendermaßen:
- HM8115-2 mit POWER ① ausschalten
- HM8115-2 einschalten und die linke FUNCTION Taste ⑩ drücken
- Die linke FUNCTION Taste ⑩ erst loslassen, wenn die FUNCTION LED „WATT" leuchtet.

Die neue Einstellung wird permanent gespeichert bis wieder eine Änderung erfolgt.

⑮ **Serielle Schnittstelle**



Auf der Rückseite des POWER METER befindet sich eine RS-232 Schnittstelle, die als 9polige D-Sub Buchse ausgeführt ist. Über diese bidirektionale Schnittstelle kann das POWER METER Daten (Befehle) von einem externen Gerät (PC) empfangen und Daten (Messwerte und Parameter) senden.

Die Verbindung vom PC (COM Port) zum POWER METER (RS-232) kann mit einem handelsüblichen Verbindungskabel (1:1) mit 9poligem D-Sub Stecker und 9poliger D-Sub Kupplung hergestellt werden. Die Länge darf 3 Meter nicht überschreiten und die Leitungen müssen abgeschirmt sein.

Durch die 1:1 Verbindung des Schnittstellenkabels wird der Datenausgang des einen Gerätes mit dem Dateneingang des anderen Gerätes verbunden. Bei PC's mit 25poligem COM-Port wird empfohlen, einen handelsüblichen Adapter von 9polig D-Sub auf 25polig D-Sub zu verwenden. Von den Leitungen des Verbindungskabels werden nur 3 benutzt.

Anschlussbelegung RS-232 am POWER METER und am COM-Port (9polig) des PC:

	POWER METER		PC COM Port (9polig)
Pin	Name / Funktion	Pin	Name / Funktion
2	Tx Data / Datenausgang	2	Rx Data / Dateneingang
3	Rx Data / Dateneingang	3	Tx Data / Datenausgang
5	Bezugspotential für Pin 2 u. 3	5	Bezugspotential für Pin 2 u. 3

Stichwortverzeichnis

AMPERE 10, 15, 20
Analogmultiplizierer 14
Arithmetischer Mittelwert 11, 12, 16
Augenblickswert 11, 13, 16, 18

Baudrate 21
Bedienelemente 10, 14, 20
Befehle senden 20
Befehlsliste 20
Betriebsart 20
Blindleistung 7, 11, 12, 14, 15, 16, 20
Blindstrom 12, 13

COM-Port 21
cos phi 11, 12, 14, 16
Crestfaktor 7, 12, 16

Echteffektivwertwandler 14
Effektivwert 7, 11, 12, 13, 18

Formfaktor 11, 12
Frequenz 12, 16, 18
FUNCTION 10, 14, 15, 16, 20
Fuse 10

galvanisch verbunden 16
galvanische Trennung 7, 14, 16, 18, 21
Gerätestatus 21
Gleichrichtwert 11

induktiv 12, 13 16
INPUT 8, 10, 18, 19

kapazitiv 12, 13, 16
Korrektur-
temperaturabhängige Drift 16
Kurzschlussgefahr 18

Leistung 7, 18
Leistung effektiv 12, 16
Leistung mittlere 17
Leistungsfaktor 7, 11, 12, 13, 14, 16, 20

Messbereich 7, 14, 20
Messbereich automatisch 14, 15
Messbereichsüberschreitung 15, 20
Messbereichswahl 7
Messkreis 10, 14, 15, 16, 18, 19, 21
Messwiderstand 18, 19
Mittelwert 11, 16, 17
Momentanleistung 12, 14, 16
Momentanwert 11
MONITOR 10, 16, 17
Monitorausgang 7, 10, 14, 16

Netzspannungsumschaltung 9, 19

ohmsche Last 17
OUTPUT 8, 10, 18, 19
Overange 14, 15

PF 11, 13, 14, 15, 16, 20
PFAC 20
Phasenverschiebung 11, 12, 13, 16, 17
Phasenwinkel 13, 14, 15

POWER 10, 14
power factor 11, 13, 15, 16

Quadratischer Mittelwert 11

RMS 11
Root Mean Square 11
RS-232 Schnittstelle 7, 10, 16, 19, 21

Scheinleistung 7, 11, 13, 14, 15, 16, 20

Scheitelwert 11, 17, 18
Schnittstellenparameter 21
Schutzleiter 8, 18
Schutzleiteranschluss 7, 19
Selbsttest 14
serielle Schnittstelle 7, 10, 16, 19, 21
Sicherheitsstecker 8, 18
Sicherung 7, 9, 10, 14, 19
Sicherung für Messkreis 19
Sicherungswechsel 9, 19
Spitzenwert 11, 12, 18
Strom-Spannungs Produkt 16, 17

var 7, 12, 15, 16, 20
Vav (average) 7, 17
Verzerrungsblindleistung 13, 14, 16
VOLT 10, 14, 15, 20
volt ampere réactif 12
Voltampere 13

Warnsignal 15
Watt 12, 15, 16
WATT 12, 14, 15, 16, 17, 20
Wirkleistung 7, 11, 12, 13, 14, 15, 20

XON / XOFF- Protokoll 7, 21

CE

KONFORMITÄTSERKLÄRUNG
DECLARATION OF CONFORMITY
DECLARATION DE CONFORMITE

HAMEG®
Instruments

Hersteller HAMEG GmbH
Manufacturer Industriestraße 6
Fabricant D - 63533 Mainhausen

Die HAMEG GmbH / bescheinigt die Konformität für das Produkt
The HAMEG GmbH / herewith declares conformity of the product
HAMEG GmbH / déclare la conformite du produit

Bezeichnung / Product name / Designation:

Powermeter/Powermeter/
Powermeter

Typ / Type / Type: **HM8115-2**

mit / with / avec: -
Optionen / Options / Options:

mit den folgenden Bestimmungen / with applicable regulations / avec les directives suivantes

EMV Richtlinie 89/336/EWG ergänzt durch 91/263/EWG, 92/31/EWG
EMC Directive 89/336/EEC amended by 91/263/EWG, 92/31/EEC
Directive EMC 89/336/CEE amendée par 91/263/EWG, 92/31/CEE

Niederspannungsrichtlinie 73/23/EWG ergänzt durch 93/68/EWG
Low-Voltage Equipment Directive 73/23/EEC amended by 93/68/EEC
Directive des equipements basse tension 73/23/CEE amendée par 93/68/CEE

Angewendete harmonisierte Normen / Harmonized standards applied / Normes harmonisées utilisées

Sicherheit / Safety / Sécurité

EN 61010-1: 1993 / IEC (CEI) 1010-1: 1990 A 1: 1992 / VDE 0411: 1994
Überspannungskategorie / Overvoltage category / Catégorie de surtension: II
Verschmutzungsgrad / Degree of pollution / Degré de pollution: 2

Elektromagnetische Verträglichkeit / Electromagnetic compatibility / Compatibilité électromagnétique

EN 61326-1/A1
Störaussendung / Radiation / Emission: Tabelle / table / tableau 4, Klasse / Class / Classe B.
Störfestigkeit / Immunity / Imunitee: Tabelle / table / tableau A1.

EN 61000-3-2/A14
Oberschwingungsströme / Harmonic current emissions / Émissions de courant harmonique: Klasse / Class / Classe D.

EN 61000-3-3
Spannungsschwankungen u. Flicker / Voltage fluctuations and flicker / Fluctuations de tension et du flicker.

Datum/Date/Date
15.01.2001

Unterschrift / Signature /Signatur

G. Hübenett
Technical Manager
Directeur Technique

General information regarding the CE marking

HAMEG instruments fulfill the regulations of the EMC directive. The conformity test made by HAMEG is based on the actual generic- and product standards. In cases where different limit values are applicable, HAMEG applies the severer standard. For emission the limits for residential, commercial and light industry are applied. Regarding the immunity (susceptibility) the limits for industrial environment have been used.

The measuring- and data lines of the instrument have much influence on emmission and immunity and therefore on meeting the acceptance limits. For different applications the lines and/or cables used may be different. For measurement operation the following hints and conditions regarding emission and immunity should be observed:

1. Data cables
For the connection between instruments resp. their interfaces and external devices, (computer, printer etc.) sufficiently screened cables must be used. Without a special instruction in the manual for a reduced cable length, the maximum cable length of a dataline must be less than 3 meters and not be used outside buildings. If an interface has several connectors only one connector must have a connection to a cable.
Basically interconnections must have a double screening. For IEEE-bus purposes the double screened cables HZ72S and HZ72L from HAMEG are suitable.

2. Signal cables
Basically test leads for signal interconnection between test point and instrument should be as short as possible. Without instruction in the manual for a shorter length, signal lines must be less than 3 meters and not be used outside buildings.
Signal lines must screened (coaxial cable - RG58/U). A proper ground connection is required. In combination with signal generators double screened cables (RG223/U, RG214/U) must be used.

3. Influence on measuring instruments.

Under the presence of strong high frequency electric or magnetic fields, even with careful setup of the measuring equipment an influence of such signals is unavoidable.
This will not cause damage or put the instrument out of operation. Small deviations of the measuring value (reading) exceeding the instruments specifications may result from such conditions in individual cases.
HAMEG GmbH

Deutsch 3

Declaration of Conformity 22

Power Meter HM 8115-2 24

Specifications 25

Important hints 26
Symbols 26
Unpacking 26
Positioning 26
Transport 26
Storage 26
Safety instructions 26
Operating conditions 27
Warranty and repair 27
Maintenance 27
Line voltage selector 27
Change of fuse 27

Designation of operating controls 28

Basics of power measurement 29
Arithmetic mean value 29
Rectified mean value 29
Root-mean-square value 29
Form factor 29
Crest factor 29
Power 29
Active, true power 30
Reactive power 30
Apparent power 31
Power factor 31
How to calculate the Power factor 31

Concept of the HM 8115-2 32

Introduction to the operation of the HM 8115-2 32
Self test 32

Operating controls and displays 32
Connectors 34

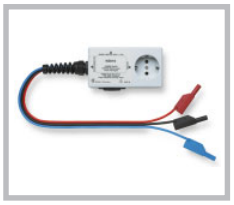
Listing of software commands 37

Serial interface 38

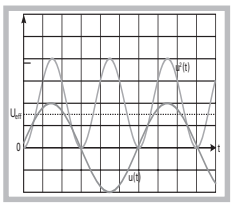
Glossary 39

8 kW Power-Mwter
HM8115-2

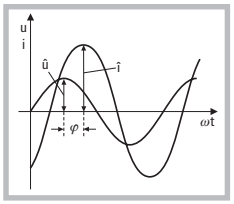
Adapter HZ815



Root-Mean-Square value



Active power



Power measurements up to 8 kW

Simultaneous display of voltage, current , and power

Separate measurement of active, reactive, and apparent power

Display of power factor

Autoranging and easy operation

Frequency range DC up to 1 kHz

Data output and function control via RS-232

8000 Watt | 500 Volt | 16 Ampere | ≈/= AC / DC | RS-232 | inklusive

8 kW Power-Meter HM8115-2
SPECIFICATIONS

Reference temperature: 23 °C ±2 °C

TRUE RMS VOLTAGE MEASUREMENT (AC+DC)

Ranges:	50 V	150 V	500 V
Resolution:	0,1 V	1 V	1 V
Accuracy:	±(0,4% + 5 digits) from 20 Hz to 1 kHz ±(0,6% + 5 digits) at DC		
Input impedance:	1 MOhm II 100 pF		
Crest factor:	max. 3,5 at full scale		
Input protected up to:	500 V_p		

TRUE RMS CURRENT MEASUREMENT (AC+DC)

Ranges:	160 mA	1,6 A	16 A
Resolution:	1 mA,	1mA	10 mA
Accuracy:	±(0,4% + 5 digits) from 20 Hz to1 kHz ±(0,6% + 5 digits) at DC		
Crest factor:	max. 4 at full scale		
Input protected up to:	Fuse 16 A extra fast (FF), 6,3 x 32 mm		

ACTIVE POWER MEASUREMENT

Ranges:	8 W	24 W	80 W	240 W
Resolution:	1 mW	10 mW	10 mW	100 mW
Ranges :	800 W	2400 W	8000 W	
Resolution:	100 mW	1 W	1 W	
Accuracy:	±(0,5% + 10 digits) from 20 Hz to 1 kHz ±(0,5% + 10 digits) at DC			
Display:	4digit, 7-Segment LED			

REACTIVE POWER MEASUREMENT

Ranges:	8 var	24 var	80 var
Resolution:	1 mvar	10 mvar	10 mvar
Ranges:	240/800 var		2400/ 8000 var
Resolution:	100 mvar		1 var
Accuracy:	±(2,5 % + 10 digits + 0,02 x P) from 20 Hz to 400 Hz; P = active power		
Display:	4-digit, 7-Segment LED		

APPARENT POWER MEASUREMENT

Ranges:	8 VA	24 VA	80 VA
Resolution:	1 mVA	10 mVA	10 mVA
Ranges:	240/800 VA		2400/ 8000 VA
Resolution:	100 mVA		1 VA
Accuracy:	±(0,8% + 5 Digits) from 20 Hz to 1 kHz		
Display:	4-digit, 7-Segment LED		

POWER FACTOR MEASUREMENT

Display:	0,00 to +1,00
Accuracy:	±(2% + 3 digits)
50-60 Hz:	Sine wave, voltage and current signals of at least 1/10 of full scale

MONITORING OUTPUT (analog)

Connection:	BNC, galvanic isolation to measurement circuit and interface
Reference potential:	Protective earth
Level:	1 V_{av} at full scale (2400/8000 digits)
Accuracy:	typ. 5 %
Output impedance:	approx. 10 kOhm
Bandwidth:	DC to 1 kHz
Protected up to:	± 30 V

SERIAL INTERFACE

Connection:	D-Sub connector, galvanic isolation to measurement circuit and monitoring output
Type:	RS-232, 3-wire
Protokol:	Xon / Xoff
Data rates:	1200 / 9600 Baud
Functions:	Instrument control and output of measurement results

INSTRUMENT FUNCTIONS AND DISPLAYS

Functions:	Voltage, current power, power factor
Range selection:	automatic / manual
Overrange indications:	visual and acoustic
Voltage display:	3-digit, 7-segment LED
Current display:	4-digit, 7-segment LED

COMBINED DISPLAYS:

for active, reactive- and apparent power:	4-digit, 7-segment LED
for power factor:	3-digit, 7-segment LED

MISCELLANEOUS

Mains supply:	115/230 V ± 10%, 50/60 Hz Protective class I, EN 61010 (IEC 1010)
Power consumtion:	approx. 15 W at 50 Hz
Operating temperature:	0° to +40 degrees C
Relative humidity:	< 80%
Dimensions (W x H x D):	285 x 75 x 365 mm
Weight:	approx. 4 kg

Included in delivery:
Power Meter HM8115-2, power cord, manual, Software-CD
Accessories recommended:
HZ33, HZ34: cables BNC to BNC
HZ42: 19" 2 units kit
HZ815: AC socket adapter;

Important hints

Symbols

(1) (2) (3) (4) (5) (6)

Symbol 1: Attention, please consult manual
Symbol 2: Danger! High voltage!
Symbol 3: Ground connection
Symbol 4: Important note
Symbol 5: Hints for application
Symbol 6: Stop! Possible instrument damage!

Unpacking

Please check for completeness of parts while unpacking. Also check for any mechanical damage or loose parts. In case of transport damage inform the supplier immediately and do not operate the instrument.

Check setting of line voltage selector whether it corresponds to the actual line voltage.

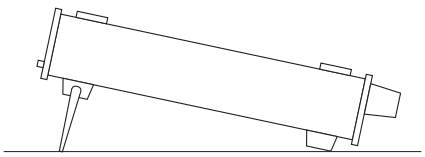
Positioning

Two positions are possible: According to picture 1 the front feet are used to lift the instrument so its front points slightly upward. (Appr. 10 degrees)

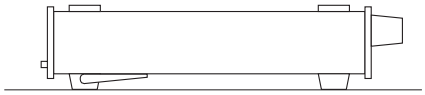
If the feet are not used the instrument can be combined with many other Hameg instruments.

In case several instruments are stacked the feet rest in the recesses of the instrument below so the instruments can not be inadvertently moved. Please do not stack more than 3 instruments. A higher stack will become unstable, also heat dissipation may be impaired.

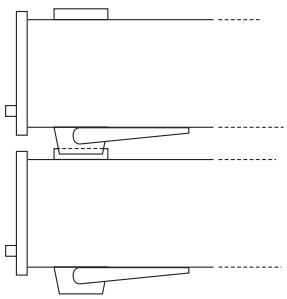
picture 1



picture 2



picture 3



Transport

Please keep the carton in case the instrument may require later shipment for repair. Improper packaging may void the warranty!

Storage

Dry indoors storage is required. After exposure to extreme temperatures 2 h should be allowed before the instrument is turned on.

Safety instructions

The instrument conforms to VDE 0411/1 safety standards applicable to measuring instruments and left the factory in proper condition according to this standard. Hence it conforms also to the European standard EN 61010-1 resp. to the international standard IEC 61010-1. Please observe all warnings in this manual in order to preserve safety and guarantee operation without any danger to the operator. According to safety class 1 requirements all parts of the housing and the chassis are connected to the safety ground terminal of the power connector. For safety reasons the instrument must only be operated from 3 terminal power connectors or via isolation transformers. In case of doubt the power connector should be checked according to DIN VDE 0100/610.

Disconnecting the protective earth internally or externally is absolutely prohibited!

As soon as the voltages applied to the INPUT terminals ⑫ exceed levels accepted as safe to the touch all applicable safety rules are to be observed!
DC voltages must be disconnected from earth.
AC voltages shall be derived from a safety isolation transformer and must also be disconnected from earth.

Before the safety connectors on the INPUT terminals ⑫ are pulled off it must be assured that the voltage has been switched off, otherwise there may be danger of accident, even danger of life!

If instruments of protective class I are connected to the OUPUT terminals ⑭ the protective earth PE must be connected separately to the test object. If this is not observed there is danger of life!

This instrument may only be opened by qualified personnel. Before opening all voltages have to be removed!

The safety connectors may become quite hot at high current levels!

- The line voltage selector must be properly set for the line voltage used.
- Opening of the instrument is allowed only to qualified personnel
- Prior to opening the instrument must be disconnected from the line and all other inputs/outputs.

In any of the following cases the instrument must be taken out of service and locked away from unauthorized use:

- Visible damages
- Damage to the power cord
- Damage to the fuse holder
- Loose parts
- No operation
- After longterm storage in an inappropriate environment , e.g. open air or high humidity.
- Excessive transport stress

Operating conditions

The instruments are destined for use in dry clean rooms. Operation in an environment with high dust content, high humidity, danger of explosion or chemical vapors is prohibited.

Operating temperature is 0 .. +40 degrees C. Storage or transport limits are –10 .. +70 degrees C. In case of condensation two hours are to be allowed for drying prior to operation.

For safety reasons operation is only allowed from 3 terminal connectors with a safety ground connection or via isolation transformers of class 2. The instrument may be used in any position, however, sufficient ventilation must be assured as convection cooling is used. For continuous operation prefer a horizontal or slightly upward position using the feet.

Do not cover either the holes of the case nor the cooling fins.

Nominal specs are valid after a warm-up period of min. 20 min. in the interval of +15 to +30 degrees C. Values without a tolerance are typical of an average production instrument.

Warranty and Repair

HAMEG instruments are subject to a strict quality control. All instruments are burned in for 10 hrs prior to shipment. By intermittent operation almost all early failures are detected. After burn-in a thorough test of all functions and of quality is run, all specifications and operating modes are checked.

In case of reclamations during the two years warranty period please contact the dealer from whom you purchased your HAMEG instrument. Customers from the Federal Republic of Germany may directly contact HAMEG for warranty processing in order to speed up the procedure.
The proceeding of repairs during the warranty period is subject to our terms of warranty which are available on our website

http://www.hameg.com

Even after expiry of the warranty period please do not hesitate to contact our HAMEG customer service for repairs and spare parts.

Return Material Authorization (RMA):
Before sending back your instrument to HAMEG do apply for a RMA number either by fax or on the Internet: http://www.hameg.de.
If you do not have suitable packaging for the instrument on hand please contact the HAMAG sales department (Tel.: +49 (0) 6182/800 300, E-mail: vertrieb@hameg.de) to order an empty original cardboard box.

Maintenance

The instrument does not require any maintenance. Dirt may be removed by a soft moist cloth, if necessary adding a mild detergent. (Water and 1 %.) Grease may be removed with benzine (petrol ether). Displays and windows may only be cleaned with a moist cloth.

Do not use alcohol, solvents or paste. Under no circumstances any fluid should be allowed to get into the instrument. If other cleaning fluids are used damage to the lacquered or plastic surfaces is possible.

Line voltage selector

The instrument is destined for opera-tion on 115 or 230 V mains, 50/60 Hz. The proper line voltage is selected with the ⑯ line voltage selector. It is necessary to change the fuse observing the proper values printed on the back panel.

Change of fuse

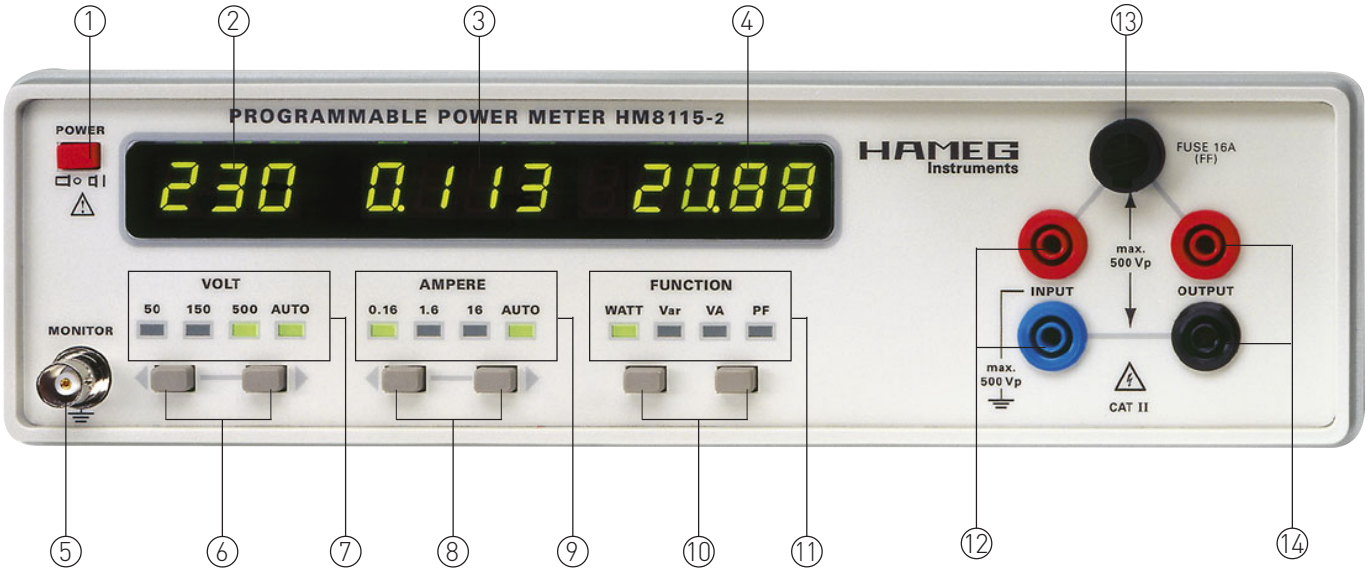
The mains fuse ⑰ is accessible on the back panel. A change of the fuse is only allowed after the instrument was disconnected from the line and the power cord removed. Fuse holder and power cord must not show any sign of damage. Use a screw driver to loosen the fuse holder screw counterclockwise while pressing the top of the fuse holder down. The top holding the fuse will then come off. Exchange the defective fuse against a correct new one. Any „repair" of a defective fuse or brid-ging is dangerous and hence prohibited. Any damages to the instru-ment incurred by such manipulations are not covered by the warranty.

Type of fuse:

5 x 20 mm; 250V~, C;
IEC 127/III; DIN 41662
(DIN 41571/3).

Value
115 V: 200 mA slow blow
230 V: 100 mA slow blow

Designation of operating controls

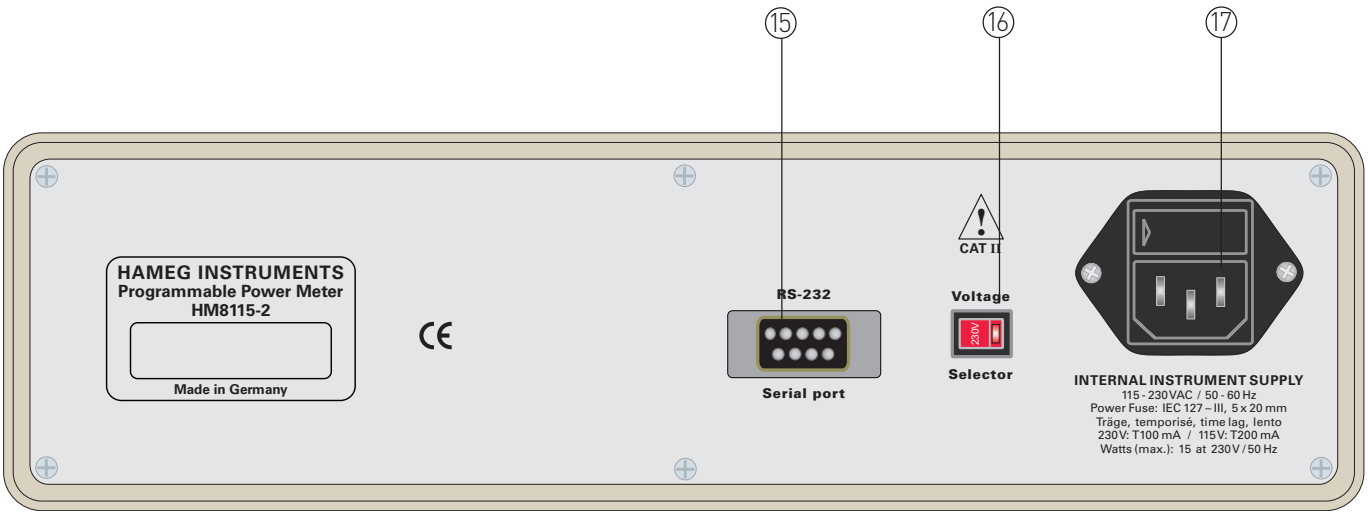


Front

1 POWER – Mains switch
2 VOLT Display – Voltage display
3 AMPERE Display – Current display
4 FUNCTION – Display
5 MONITOR – Monitoring output
6 VOLT pushbuttons – Selection of voltage ranges
7 VOLT LED – Show range selected
8 AMPERE pushbuttons – Selection of current ranges
9 AMPERE LED – Show range selected
10 FUNCTION pushbuttons – Select function desired
11 FUNCTION LED – Show function selected
12 INPUT – Input for test object
13 FUSE – Fuse for measurement circuit
14 OUTPUT – Output to test object

Rear Panel

15 Connector (D-Sub, 9-pin) for serial interface
16 Mains voltage selector
17 Mains input connector combined with fuse holder



Basics of Power Measurement

Abbreviations and symbols used:

W	active, true power	P
VA	apparent power	S
var	reactiv power	Q

u(t)	voltage as a variable of time
$u^2(t)$	voltage squared as a variable of time
$\lvert\hat{U}\rvert$	rectified voltage
V_{rms}	rms value of voltage
$\hat{u}$	peak value of voltage
I_{rms}	rms value of current
$\hat{i}$	peak value of current
φ	phase angle between voltage and current
$\cos\varphi$	power factor, valid only for sine waveform
PF	power factor in general for arbitrary waveforms

Arithmetic mean value (average)

$$\bar{x}_{(t)} = \frac{1}{T}\int_0^T x_{(t)} \cdot dt$$

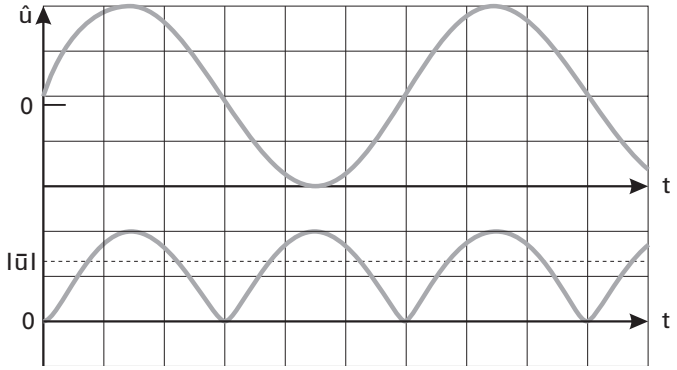
The arithmetic mean value of a periodic signal is the average calculated for a full period T, it is identical to its DC content.

- If the average = 0 it is a pure AC signal
- If all instantaneous values are equal to the average it is pure DC
- Otherwise the average will constitute the DC content of the signal

Rectified mean value

$$|\bar{x}| = \frac{1}{T}\int_0^T |x_{(t)}|\, dt$$

The rectified mean is the average of the absolute values. The absolute values are derived by rectifying the signal. In general the rectified mean is calculated by integrating the absolute values for a period T.



In case of a sine wave u(t) = û sin ωt the rectified mean will amount to $2/\pi$ = 0.637 of the peak value according to:

$$|\bar{u}| = \frac{1}{T}\int_0^T |\hat{u}\sin\omega t|\, dt = \frac{2}{\pi}\hat{u} = 0{,}637\hat{u}$$

Root-Mean-Square Value (RMS)

The quadratic mean value of a signal is equal to the mean of the signal squared integrated for a full period

$$\bar{x}_{(t)}^2 = \frac{1}{T}\int_0^T x_{(t)}^2\, dt$$

The rms value is derived by calculating the square root

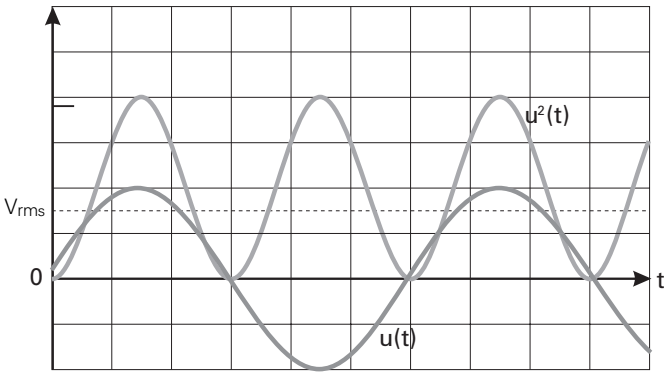
$$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T x_{(t)}^2\, dt}$$

The purpose of the rms value was to create a value which allows the use of the same formulas as with DC for resistance, power etc. The rms value of an AC signal generates the same effect as a DC signal of the same numerical value.

Example:
If an AC rms signal of 230 V is applied to an incandescent lamp (purely resistive at 50/60 Hz) the lamp will be as bright as powered by 230 V DC.

For a sine wave u(t) = û sin ωt the rms value will be $1/\sqrt{2}$ = 0.707 of the peak value:

$$U = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T (\hat{u}\sin\omega t)^2\, dt} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = 0{,}707\hat{u}$$



Form factor

The form factor multiplied by the rectified value equals the rms value. The form factor is derived by:

$$F = \frac{V_{rms}}{|u|} = \frac{\text{rms-value}}{\text{rectified value}}$$

For a sine wave the form factor is

$$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1{,}11$$

Crest factor

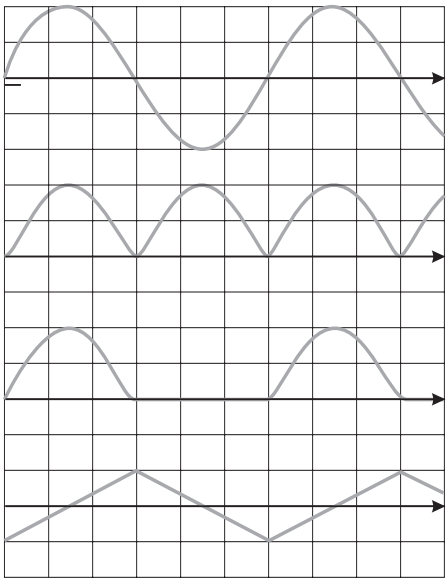
The crest factor is derived by dividing the peak value by the rms value of a signal. It is very important for the correct measurement of pulse signals and a vital specification of a measuring instrument.

$$C = \frac{\hat{u}}{V_{rms}} = \frac{\text{peak value}}{\text{rms-value}}$$

For sinusoidal signals the crest factor is
$\sqrt{2}$ = 1,414

Please note that erroneous results will show if the crest factor of a signal is higher than that of the measuring instrument because it will be overdriven.

Hence the accuracy of the rms value measurement will depend on the crest factor of the signal, the higher the crest factor the less the accuracy. Please note also that the crest factor specification relates to the full scale value, if the signal is below full scale its crest factor may be proportionally higher.

Form factors	Crest-factor C	Form-factor F
	$\sqrt{2}$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1{,}11$
	$\sqrt{2}$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1{,}11$
	2	$\frac{\pi}{2} = 1{,}57$
	$\sqrt{3}$	$\frac{2}{\sqrt{3}} = 1{,}15$

Power

With DC power is simply derived by multiplying voltage and current.
With AC the waveform and the phase angle resp. time relationship between voltage and current have also to be taken into account. For sine waves the calculation is fairly simple, as the sine is the only waveform without harmonics. For all other waveforms the calculation will be more complex.
As long as the instrument specifications for frequency and crest factor are observed the power meter will accurately measure the average of the instantaneous power.

Active, true Power (unit W, designation P)

As soon as either the source or the load or both contain inductive or capacitive components there will be a phase angle or time difference between voltage and current. The active power is calculated from the rms voltage and the real component of the current as shown in the vector diagram above.

Defining: P = active power
V_{rms} = rms value of voltage
I_{rms} = rms value of current
φ = phase angle

the active power is derived as follows:

$$P = V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \cos\varphi$$

$\cos\varphi$ is the socalled power factor (valid for sine waves only).

The instantaneous power is the power at time t equal to the product of voltage and current both at time t.
$p_{(t)} = i_{(t)} \cdot u_{(t)}$

For sine waves the instantaneous power is given by:

$$p_{(t)} = \hat{u} \sin(\omega t + \varphi) \cdot \hat{i} \sin \omega t$$

The active power or true power is equal to the arithmetic mean of the instantaneous power. The active power is derived by integrating for a period T and dividing by the period T as folllows:

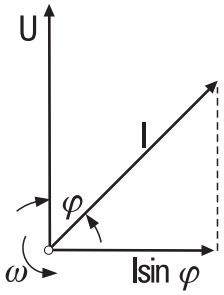
$$P = \frac{1}{T}\int_0^T \hat{i} \sin \omega t \cdot \hat{u} \sin(\omega t + \varphi)\, dt$$
$$= \frac{\hat{i} \cdot \hat{u} \cdot \cos\varphi}{2}$$
$$= V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \cos\varphi$$

The power factor will be maximum $\cos\varphi = 1$ at zero phase shift. This is only the case with a purely resistive circuit.
In an ac circuit which contains only reactances the phase shift will be $\varphi = 90°$ and the power factor hence $\cos\varphi = 0$. The active power will be also zero.

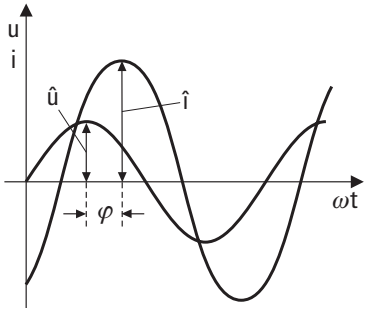
Reactive Power (unit VAr, designation Q)

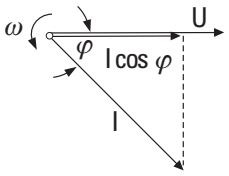
Reactive power equals rms voltage times reactive current.

With the designations:
Q = reactive Power
V_{rms} = rms voltage
I_{rms} = rms current
φ = phase angle between voltage and current



a vector diagramm
can be drawn as follows:





The reactive power is derived by:

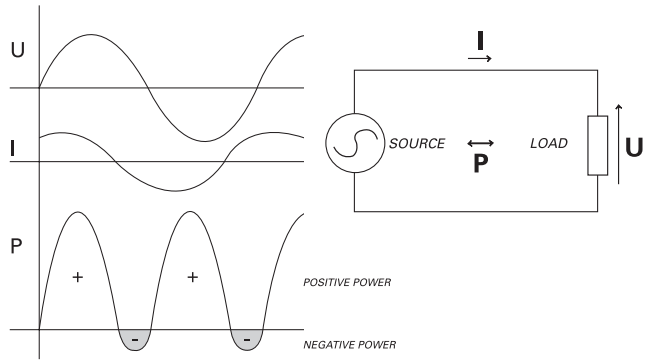
$$Q = V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \sin\varphi$$

Reactive currents constitute a load on the public mains. In order to reduce the reactive power the phase angle φ must be made smaller. For most of the reactive power transformers, motors etc. are responsible, therefore capacitors in parallel to these loads must be added to compensate for their inductive currents.

Example of power including reactive power
With DC the instantanesous values of voltage and current are constant with respect to time, hence the power is constant.

In contrast to this the instantaneous value of power of AC or AC + DC signals will fluctuate, its amplitude and polarity will periodically change. If the phase angle is zero this is the special case of pure active power which remains positive (exclusively directed from source to load) at all times.

If there is a reactive component in the circuit there will be a phase difference between voltage and current. The inductive or capacitive element will store and release energy periodically which creates an additional current component, the reactive part. The product of voltage and current will therefore become negative for portions of a period which means that energy will flow back to the source.

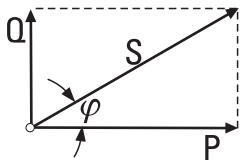


Apparent power (unit VA)

The apparent power is equal to the product of voltage and current. The apparent power is further equal to the geometric sum of active and reactive power as shown in this diagram:

With the designations:

S	=	apparent power
P	=	active power
Q	=	reactive power
V_{rms}	=	rms voltage
I_{rms}	=	rms current



the apparent power is derived:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = V_{rms} \times J_{rms}$$

Power factor

In general the power factor PF is derived:

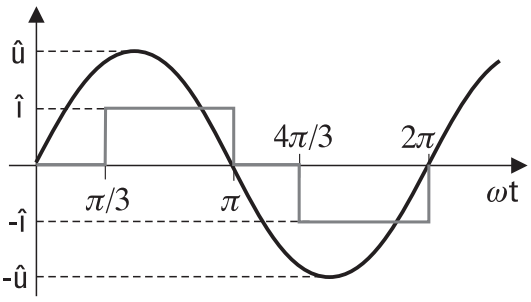
$$PF = \frac{P}{S}$$

PF = power factor
S = apparent power
P = active power

In the very special case of sinusoidal voltage and current the power factor equals

PF = cosφ

If e.g. the current is rectangular while the voltage is sinusoidal the power factor will be P/S. Also in such case the reactive power can be determined as demonstrated in the following example:



û = 325,00 V
î = 12,25 A

How to calculate the power factor (example):

rms voltage is:

$$V_{rms} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = 229{,}8\ V \approx 230\ V$$

The rms current is given by:

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \hat{i}^2 \cdot d\varphi}$$

$$= \sqrt{\frac{\hat{i}^2}{2\pi} \cdot \left[\left(\pi - \frac{\pi}{3}\right) + \left(2\pi - \frac{4\pi}{3}\right)\right]}$$

$$= \sqrt{\hat{i}^2 \cdot \frac{2}{3}} = \hat{i} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}}$$

$$I_{rms} = 12{,}25\ A \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} = 10{,}00\ A$$

The apparent power S:

$$S = V_{rms} \cdot I_{rms} = 230\ V \cdot 10{,}0\ A = 2300\ VA$$

The active power is derived from:

$$P = \frac{1}{\pi}\int_{\frac{\pi}{3}}^{\pi} \hat{u} \cdot \hat{i} \sin\varphi \cdot d\varphi = \frac{\hat{u} \cdot \hat{i}}{\pi}\left[-\cos\varphi\right]_{\frac{\pi}{3}}^{\pi}$$

$$= \frac{\hat{u} \cdot \hat{i}}{\pi}\left[\left(-(-1)\right) - (-0{,}5)\right] = \frac{1{,}5}{\pi} \cdot \hat{u} \cdot \hat{i}$$

$$= \frac{1{,}5}{\pi} \cdot 325\ V \cdot 12{,}25\ A = 1900\ W$$

The power factor thus becomes:

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{1900\ W}{2300\ VA} = 0{,}826$$

Obviously there is a reactive power component as the apparent power exceeds the active power:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{(2300\ VA)^2 - (1900\ W)^2} = 1296\ var$$

Concept of the HM8115-2

The HM8115-2 uses true rms converters for measuring voltage and current. The instantaneous power is measured using an analog multiplier. The active power is derived by integrating the instantaneous power for a period T. All other values are calculated.

The apparent power:

$$S = V_{rms} \times I_{rms}.$$

The reactive power

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

The power factor PF = P/S. This will always yield the correct power factor because the cosj is only defined for purely sinusoidal signals. However, in SMPS, motor controls etc. nonsinusoidal signals are prevalent.

The instantaneous power can be taken off the rear panel terminal and shown on a scope. The HM8115-2 can be remotely controlled via the serial interface, also all values can be read via the interface. Measuring circuit, monitor output and serial interface are isolated from each other.

Introduction to the Operation of the HM8115-2

Please read the instruction manual carefully.

At first time operation please observe the following recommendations:

- The mains voltage selector ⑯ has been set to the correct voltage, and the correct fuse has been installed inside the mains connector ⑰
- Proper connection to an outlet with safety ground contact or an isolation transfomer has been made.
- There are no visible damages to the instrument
- There are no loose parts floating around inside the instrument.

Self Test

After turn-on with power switch ① the 3rd display ④ for the FUNCTION will show the nuber of the firmware implemented, e.g. „2.01".

The LED display ④ FUNCTION shows the baud rate of the serial interface, e.g. „9600".

The instrument will automatically go into the active power measurement mode, the LED located near "FUNCTION ⑪" and labelled "WATT" will light up. The AUTO range function will select the optimum ranges for voltage and current.

Operating controls and Displays

① Power
This is the mains switch labelled "I" = On and "0" = Off.
After turn-on the LED display for "FUNCTION ④" will show for a moment the number of the version of firmware installed , e.g. "2.01", then the baud rate of the serial interface, e.g. "9600", then it will go into the active power measurement mode. The LED near "FUNCTION ⑪" labelled "WATT" will light up. Autoranging will be active and select the optimum ranges for voltage and current.

② VOLT display
This display will indicate the voltage on the output . Due to the drop across the shunt this voltage will be slightly reduced with respect to the input voltage. In case of overrange the display will show blinking horizontal bars. In order to go to the appropriate range the righthand VOLT pushbutton Å must be used or the autorange function selected.

③ AMPERE display
This displays shows the current. In case of overrange the display will show blinking horizontal bars. In order to go to the appropriate range the righthand "AMPERE" ⑧ pushbutton must be activated or the autorange function selected.

④ FUNCTION display
The FUNCTION display will indicate the measurement result of the selected function.

These function can be chosen:

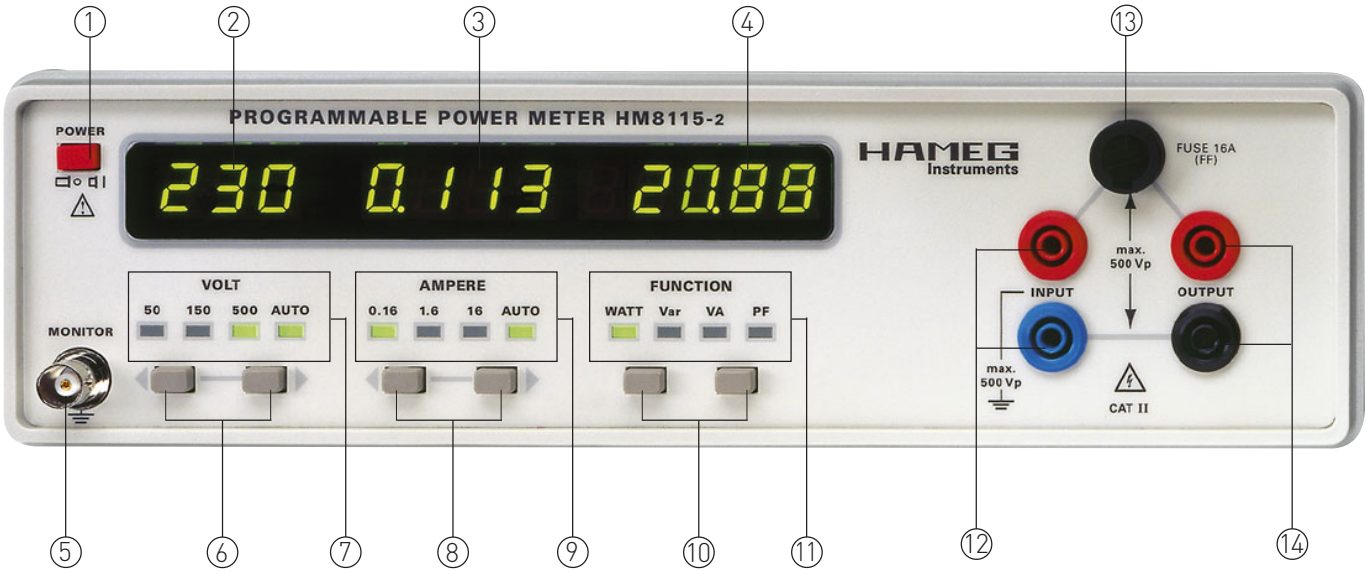
- Active power in watts
- Reactive power in voltamperes reactive
- Apparent power in voltamperes
- Power factor PF

The function desired can be selected using the FUNCTION ⑩ pushbuttons, the selected function will be indicated by the proper LED.

If either the voltage or the current range or both too low or high in order to achieve a meaningful result the FUNCTION display will show 3 to 4 horizontal bars irrespective of the function selected.

In PF mode such bars indicate that no meaningful power factor can be calculated. There are several possible reasons:

1. No current or pure DC current.
2. No voltage or pure DC voltage.
3. Either the voltage or the current or both are too low.
4. Manually selected voltage or/and current ranges are too low or too high.



Warning signal in case of overrange
Overrange will be indicated by blinking horizontal bars in the respective display(s) and an acoustical signal.

Warning signal setting
Switch off HM 8115-2 with switch ①.
Switch HM8115-2 back on and push the righthand pushbutton of the FUNCTION ⑩ pushbutton set.
Keep this button depressed until the LED "WATT" will light up. This function will remain stored unless changed.

⑥ VOLT

Pushbuttons and a LED are provided for the manual or automatic selection of the voltage ranges. After turn-on the AUTO LED will light up, the instrument will automatically select the appropriate range. The selected range will be indicated by the associated LED. If the voltage changes the range will automatically follow.

If any of the manual select pushbuttons is depressed the autorange mode will be left, the AUTO LED will extinguish. Then any of the ranges can be manually selected. Pressing the AUTO button will return the instrument to the autoranging function, the AUTO LED will light.

The VOLT display ② will show the voltage at the terminals. If an inappropriate range was selected manually this will be shown by blinking horizontal bars in the display(s) and an acoustical warning.

⑧ AMPERE

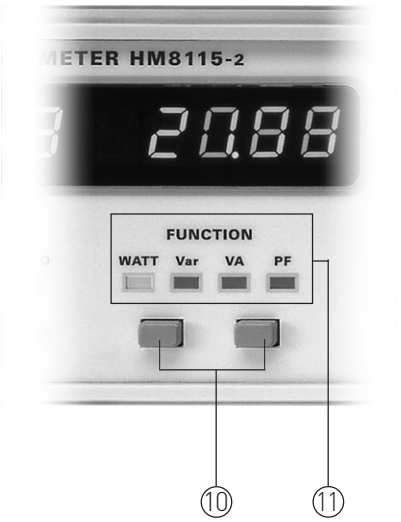
Pushbuttons and LEDs are provided for the manual or automatic range selection.
After turn-on of the HM8115-2 the AUTO LED will light up, the instrument will automatically select the optimum range. The range selected will be indicated by the associated LED.
If the current changes the range will automatically follow. If any of the manual select pushbuttons is depressed the AUTO function will be left, the AUTO LED will extinguish. Then the desired range can be selected manually. Pressing the AUTO button will return the instrument to the autoranging function.

The AMPERE display ③ will show the current through the terminals. If an inappropriate range was selected manually blinking horizontal bars will be displayed, and an acoustical warning signal will sound off.

⑩ FUNCTION

The following functions can be selected by the FUNCTION pushbuttons and shown on the associated display:

Active power (Watt)
Reactive power (CAr)
Apparent power (VA)
Power factor PF



WATT (Active power)
After turn-on the instrument will automatically select the active power mode, the LED will light up, the display ④ will show the active power. By using the FUNCTION pushbuttons other functions may be chosen.

Var (Reactive power)
In this mode the reactive power will be measured, the LED will light up, the display ④ will show the reactive power.

The reactive power will be displayed as a positive value irrespective of any capacitive or inductive loads.

The reactive power display will also show correct values if voltage or current are non-sinusoidal. The apparent power (U_{rms} x I_{rms}) and the active power (arithmetic mean of u(t) x i(t)) are independent of the waveform, the reactive power is calculated from both.

Power factor (PF)
In this mode the power factor will be measured, the LED will light up, the display ④ will show the power factor = active/ by apparent power. The HM8115-2 allows the measurement of the average of the instantaneous power irrespective of the waveform as long as the specifications for crest factor and frequency are observed.

Please note that a power factor can only be shown for AC or AC + DC signals of sufficient minimum amplitudes. If the signal amplitude of either voltage or current or both is insufficient horizontal bars will be displayed, this will also be the case if DC is being measured.

cos φ is only defined for truly sinusoidal signals. As soon as at least one of the signals is distorted a cos φ derived from the phase shift between voltage and current will not be identical to the true power factor.

Connectors

⑤ MONITOR (BNC)

This is an analog output representing the instantaneous active power e.g. for display on a scope.

The instantaneous power is the product of voltage and current at time (t)

$p(t) = i(t) \cdot u(t)$

in case of sine wave:
$p(t) = \hat{u} \sin(\omega t + \varphi) \cdot \hat{i} \sin \omega t$

The active power is the average of the instantaneous power integrated over the interval T = period divided by the period T:

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T \hat{i} \sin \omega t \cdot \hat{u} \sin(\omega t + \varphi)\, dt$$
$$= \frac{\hat{i} \cdot \hat{u} \cdot \cos \varphi}{2}$$
$$= V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \cos \varphi$$

The monitor output will always deliver the instantaneous power no matter which function was selected. For positive instantaneous power the output will be positive, for negative instantaneous power it will be negative. If DC is being measured the monitor output will hence deliver a DC signal.

The BNC terminal outer conductor is connected to the instrument housing, however, the signal is isolated by a transformer.

The temperature dependent drift is automatically corrected for by disconnecting the input/output terminals, during this interval (100 ms) there will thus be no monitor signal. After instrument turn-on the autozero will be activated every 3 seconds for the first minute, after warm-up the breaks will occur every 2 minutes.

The average of the monitor output voltage will be 1 V if the input signals are such that the WATT display shows full scale. There is no indication of the power range, the range has to be calculated and is the product of the VOLT and AMPERE ranges.

Examples:

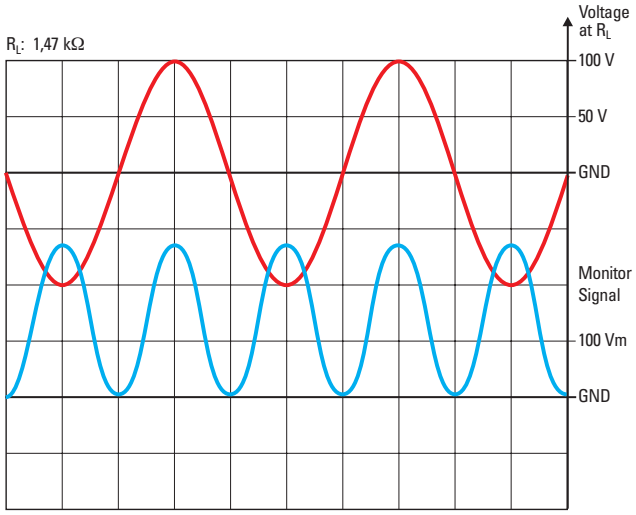
50 V	x	0,16 A	=	8 W	→	1 V (average)
150 V	x	16,0 A	=	2400 W	→	1 V (average)
500 V	x	1,6 A	=	800 W	→	1 V (average)

If both voltage and current are equal to their full scale values in the ranges selected and if both are sinusoidal the monitor output signal will be 2 V_{pp}. If the power is purely active the signal will oscillate between 0 and 2 V_p, the average of this is 1 V.

For DC full scale values the monitor output will be 1 V_{DC}.

Example 1:

A wirewound resistor of 1.47 K is connected to 70 V_{rms}. The picture shows the voltage across the resistor and the monitor output. The ranges selected are 150 V and 0.16 A which yields a 24 W full scale 1 V average signal at this output. There is no phase shift.



The scope shows an undistorted instantaneous power signal. The negative peak is equal to 0 V, the positive peak equals 0.27 V, thus the average equals 0.135 V.

This average value multiplied by the full scale value 24 W equals 3.24 W which is the average power.

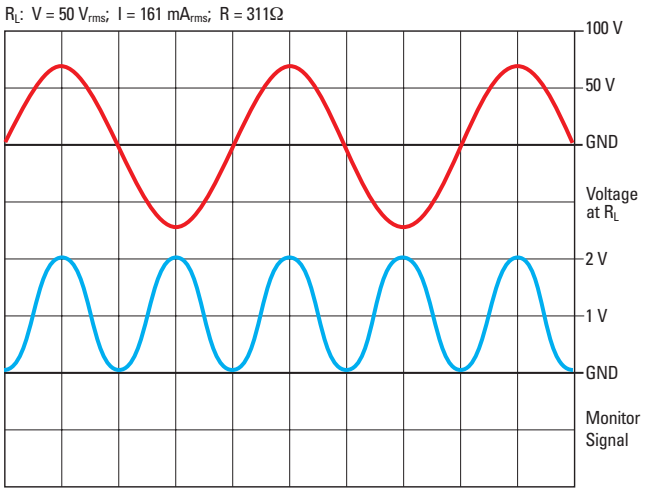
The HM8115-2 displays the following results:

V_{rms}	=	70 V	Q	=	0,2 var
I_{rms}	=	0,048 A	S	=	3,32 VA
P	=	3,34 W	PF	=	1,00

Example 2:
A wirewound resistor of 311 ohms is connected to 50 Vrms/50 Hz. The picture shows the voltage across the resistor and the monitor output.

The ranges are 50 V and 0.16 A, the full scale power is hence 8 W corresponding to 1 V average at the monitor output.

There is no phase shift with this purely resistive load. The scope shows an undistorted signal. The negative peak equals 0 V, the positive peak 2 V, the average is thus 1 V.



As the monitor output is 1 V and the full scale value is 8 W The power equals 8 W. The HM 8115-2 displays:

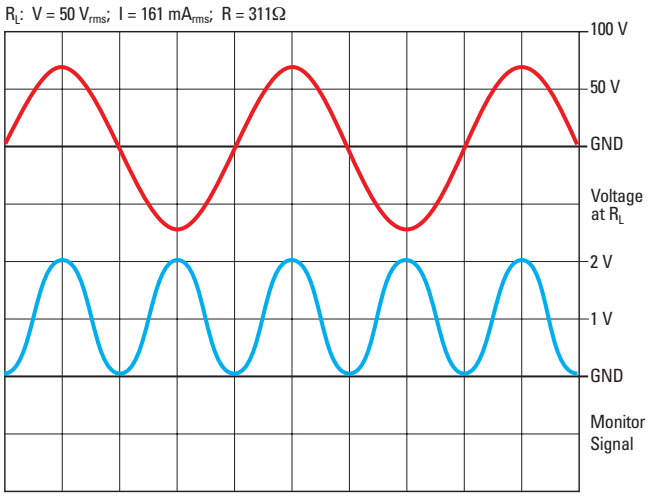
V_{rms}	=	50 V	Q	=	0,73 var
I_{rms}	=	0,161 A	S	=	8,038 VA
P	=	8,010 W	PF	=	1,00

Example 3:
A resistor of 92 ohms and a capacitor of 10.6 uF are connected in series to 50 V_{rms}/50 Hz.

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2} \quad \text{with} \quad X_c = \frac{1}{2\pi f \cdot c} = \frac{1}{\omega \cdot c}$$

The impedance of the series circuit Z = 314 ohms so that the levels are similar to those of the foregoing examples. The picture shows the voltage across the load and the monitor output.

The ranges selected are 50 V and 0.16 A, the full scale power range is again 8 W which is equivalent to 1 V average at the monitor output.

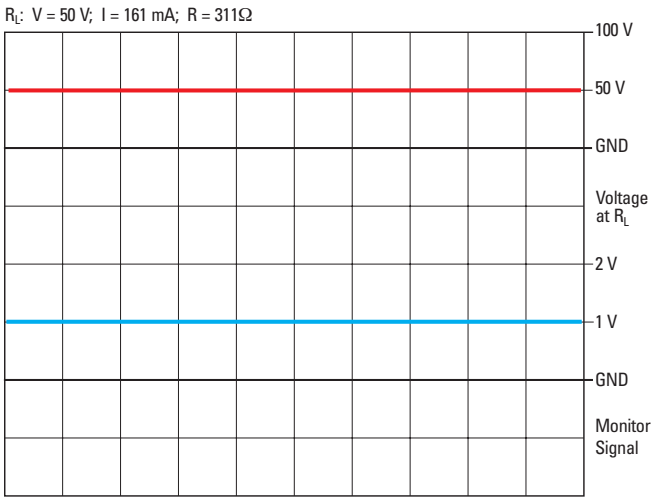


TheHM8115-2 displays:

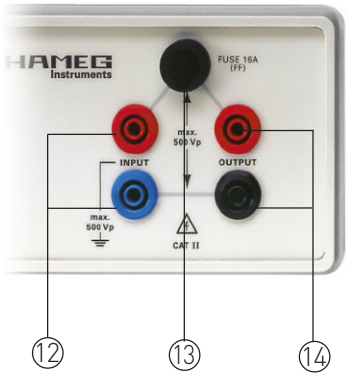
V_{rms}	=	50 V	Q	=	7,67 var
I_{rms}	=	0,161 A	S	=	8,042 VA
P	=	2,416 W	PF	=	0,30

The frequency of the instantaneous power output is twice the mains frequency of 50 Hz hence 100 Hz. During one period of 50 Hz the maximum power reaches twice its maximum, twice it will be zero.

Example 4:
A 311 ohm resistor is connected to a DC voltage of 50 V.



⑫ INPUT /
⑭ OUTPUT
(4 mm safety connectors)
The measuring circuit of the HM8115-2 is separated from safety earth PE! The two lefthand connectors are labelled INPUT and are connected to the power supply. The object under test will be connected to the right-hand connectors OUTPUT.



Please observe all relevant safety instructions if voltages higher than the ones listed below are applied to the INPUT terminals.
Keep DC voltages disconnected from ground. Isolate AC voltages by inserting an isolation transformer.

Please note:
Voltages which exceed any of the following values are considered dangerous:
1st 30 Vrms;
2nd 42.4 Vp;
3rd 60 V DC.
Voltages higher than those values may only be applied by qualified personnel who know the applicable safety rules.

Disconnect the input voltage before unplugging the safety connectors at the input terminals. Disregarding this can lead to accidents, in the worst case there may be danger of life!

If objects specified for safety class I are connected to the OUTPUT terminals without an isolation transformer the safety earth must be separately connected to the object under test, otherwise there ist danger of life.

The safety plugs may become quite hot at high currents.

The upper two terminals (red) are internally connected. Do not apply any voltage, this would be short-circuited
The shunt is connected internally between the two lower (black) terminals. Do not apply any voltage either because this would practically short-circuit it.

The shunt is protected by a fuse which is accessible from the front. Do not attempt to "repair" a blown fuse or bridge it. Disconnect the input voltage before changing a fuse.

The current path is designed for a maximum of 16 Arms, hence a FF 16 A is specified.

The maximum input voltage is 500 V. The maximum peak voltage between any of the 4 terminals and the instrument housing = protectve earth is 500 V.

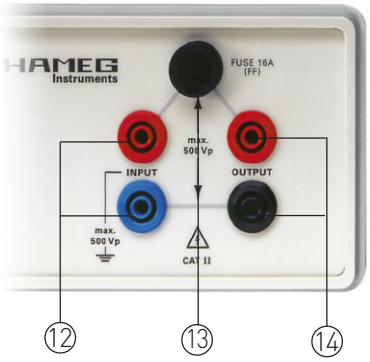
Please note: any voltage higher than those listed is considered dangerous:
1st 30 Vrms;
2nd 42.4 Vp;
3rd 60 V DC.

Only qualified personnel well aware of the potential dangers is authorized to apply voltages higher than those listed. The relevant safety rules must be observed.

⑬ Fuses in the measuring circuit

The front panel fuse (FF 16 A) protects the shunt. The circuit is designed for 16 Arms.

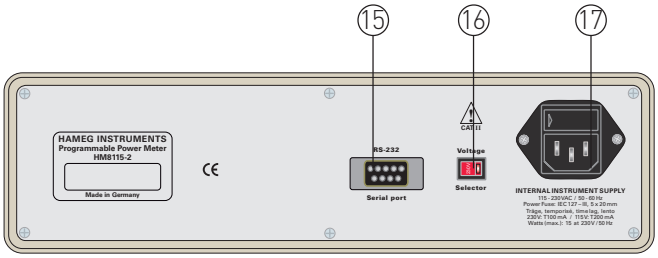
Type of fuse: FF 16 A 250 V, size 6.3 x 32 mm, US standard: UL198G, CSA22-2 No. 590



Before exchanging a blown fuse the input voltage must be disconnected. Do not attempt to „repair" a blown fuse or to bridge it.

Changing the measuring circuit fuse

The measuring circuit fuse ⑬ is accessible on the front panel. Before exchanging the fuse remove all connections to the INPUT ⑫ and OUTPUT ⑭ terminals. Disconnect the HM8115-2 from the mains. Use a suitable screwdriver to turn the top of the fuseholder counterclockwise while depressing it. The top and the fuse can then be easily removed. Use only the specified type of fuse and do not attempt to „repair" a blown fuse or to bridge it. Any damage caused by using false fuses or by bridging it will void the warranty.



⑮ Serial interface

The RS-232 interface connector is located on the rear panel (9-pin submin D). This bidirectional interface allows fetching of data from the instrument and to remotely control it.

⑯ Mains voltage selector

The instrument can be powered by 115 or 230 V, 50 or 60 Hz. The voltage selector switch is used to set the correct voltage. Any change requires that the mains fuse be changed to the appropriate value as indicated on the rear panel.

⑰ Mains voltage connector with integrated fuse holder

The mains connector is a standard type accepting cables with plugs according to DIN 49457.

Listing of software commands

These commands have to be transmitted as ASCII characters, they may be lower or upper key. Each command must use oDh (Enter) at its end.

Command	Response	Text
PC → HM8115-2	HM8115-2 → PC	
Instrument status		
*IDN?	HAMEG HM8115-2	Instrument identification request
VERSION?	version x.xx	Request for the software version installed Response e.g.: version 1.01
STATUS?	function, range	Request for outputting all present instrument settings functions: WATT, VAR, VA, PF voltage ranges: U1 = 50 V, U2 = 150 V, U3 = 500 V Current ranges: I1 = 0,16 A, I2 = 1,6 A, I3 = 16 A
General commands		
VAL?	ranges and results	Request for outputting instrument settings and measurement results. Example of VAr: U3=225.6E+0 (225.6V in the 500 V range) I2=0.243E+0 (0.243 A in the 1.6 A range) VAR=23.3E+0 (Reactive power of 23.3 VAr) "OF" indicates range overflow. In case the command was sent during a measurement cycle the response will come after its completion.
VAS?	ranges	Selective request for the parameters and the result of FUNCTION.
	function and result	Example if PF was selected: U3, I2, PF= 0.87E+0.
Bus commands		
FAV0	none	Disabling of all front panel controls VOLT, AMPERE, FUNCTION
FAV1	none	Enabling of all front panel controls VOLT, AMPERE, FUNCTION
Instrument settings		
BEEP	none	Generates a single acoustic signal
BEEP0	none	Acoustic signal disabled
BEEP1	none	Acoustic signal enabled
Operating modes		
WATT	none	Active power
VAR	none	Reactive power
VAMP	none	Apparent power
PFAC	none	Power factor PF
AUTO:U	none	AUTORANGE- function voltage enabled
AUTO: I	none	AUTORANGE- function current enabled
MA1	value / function	Continuous transmission of parameters and results to the PC Example of PF selected: U3,I2,cos=0.87E+0 "OF" designates overflow. Transmission will be continued until ended by MA0.
MA0	none	Ends transmission started with MA1.
SET:Ux	none	Disables autoranging resp. changes the voltage range to „x(Volt)"
SET:U1		Sets 50 V range
SET:U2		Sets 150 V range
SET:U3		Sets 500 V range
SET:Ix	none	Disables autoranging resp. changes the current range to „x(Ampere)"
SET:I1		Sets 0.16 A range
SET:I2		Sets 1.6 A range
SET:I3		Sets 16 A range

Serial Interface

The HM8115-2 is well equipped for use in automated test systems. An optcoupler-isolated RS-232 interface is standard.

Interface parameters
N, 8, 1, Xon-Xoff:
(No parity bit, 8 data bits, 1 stop bit, Xon-Xoff.

A terminal program like HyperTerminal may be used for data transmission. After performing all settings in the terminal program press the ENTER key once prior to sending the first command to the HM8115-2

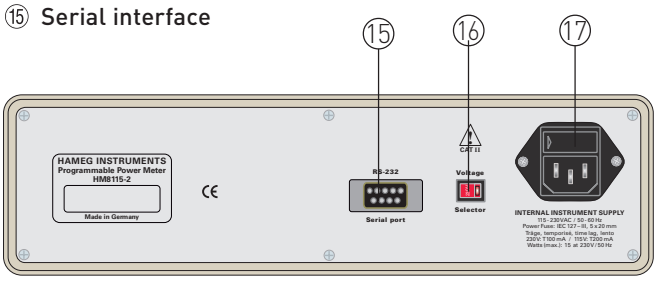
Baud rate
1200 or 9600 baud.

Changing interface parameters
Only the baud rate can be selected as either 1200 or 9600 baud. In order to do this proceed as follows:

- Turn off the HM8115-2.
- Turn the instrument back on.
- Press the lefthand FUNCTION pushbutton ⑩
- Press the lefthand pushbutton ⑩ and keep it depressed until the LED "WATT" lights up.

This new baud rate will be stored permanently unless changed.

⑮ Serial interface



The RS-232 interface connector is located on the rear panel (9pin submin D). The interface allows the transmission of data from the instrument and its remote control.

For the connection between the HM8115-2 and a PC (COM port) any standard cable with 9pin submin D on both sides may be used, provided it is shielded and < 3 m.

If a PC has a 25pin connector an adapter 25 to 9pin has to be inserted, only 3 wires are used.

Connections:

	POWER METER		PC COM Port (9poles)
Pin	name / function	Pin	name / function
2	Tx Data / output	2	Rx Data / input
3	Rx Data / input	3	Tx Data / output
5	Ground	5	Ground

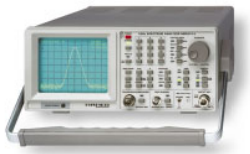
Glossary HM8115-2

Active power	30
AMPERE	28, 32, 33
Analog multiplier	32
Apparent power	31
Arithmetic mean value	29
Autoranging	25, 32, 33
Average power	34
Baud rate	32, 38
Change of fuse	27
COM port	38
Crest factor	29
Form factor	29
Frequency	30, 34, 35
Front panel controls	28
FUNCTION	28, 32, 33, 34, 37
Fuse	25, 27, 28, 32, 36
Inductive	30, 31, 33
INPUT	25, 28, 35
Instantaneous value	31
Instrument status	37
Interface parameters	38
Isolated	34, 38
Listing of commands	37
Mains voltage selection	36
Measuring circuit	32, 35, 36
MONITOR	28, 34
Monitor output	32, 34
Operating modes	37
OUTPUT	25, 28, 35
Overrange	25, 32, 33
Peak value	29
PF	31
PFAC	37
Phase angle	29
Phase shift	30, 34
Power	28, 32
POWER	32
Power factor	31
Protective earth	25
Range overflow	37
Range selection	25, 33
Reactive current	30
Reactive power	25, 30, 31, 32
Rectified mean value	29
Resistive load	35
Rms value	29
RMS, root-mean-square	29
RS-232 interface	38
Self test	32
Serial interface	25, 38
Shunt	32, 36
XON/XOFF protocol	37

HAMEG®
Instruments

Oscilloscopes

Spectrum-Analyzer

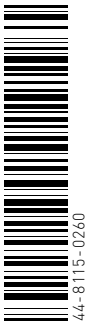


Power Supplies

Modular system
8000 Series

Programmable Instruments
8100 Series

authorized dealer



www.hameg.de

Subject to change without notice
44-8115-0260/12-11-2004-gw
© HAMEG GmbH
® registered trademark
DQS-Certification: DIN EN ISO 9001:2000
Reg.-Nr.: 071040 QM

HAMEG GmbH
Industriestraße 6
D-63533 Mainhausen
Tel +49 (0) 61 82 800-0
Fax +49 (0) 61 82 800-100
sales@hameg.de